СТАНКИН

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ: НАУКА, ОБРАЗОВАНИЕ, ИННОВАЦИИ

Сборник материалов
VIII Международного научного форума профессорско-преподавательского состава и молодых ученых
(г. Москва, 12 ноября – 15 декабря 2025 г.)

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ:
НАУКА, ОБРАЗОВАНИЕ, ИННОВАЦИИ

Сборник материалов VIII Международного научного форума
профессорско-преподавательского состава и молодых ученых
(г. Москва, 12 ноября – 15 декабря 2025 г.)

Под общей редакцией
В.А. Чеканина

Москва, 2026

УДК 004:621
ББК 94.31
Ц75

Рецензенты:
Еникеев И.Х., доктор технических наук, профессор (Московский политехнический университет)
Берков Н.А., кандидат технических наук, доцент (РТУ МИРЭА)

Ц75 Цифровые технологии: наука, образование, инновации: сб. материалов VIII Междунар. науч. форума проф.-преподават. состава и молодых ученых (г. Москва, 12 ноября – 15 декабря 2025 г.) / под общ. ред. В.А. Чеканина. – Москва: ФГАОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН», 2026. – 468 с.

ISBN 978-5-7028-0847-5

В сборнике представлены материалы международных научно-практических конференций, проведенных в рамках VIII Международного научного Форума профессорско-преподавательского состава и молодых учёных «Цифровые технологии: наука, образование, инновации», организованным МГТУ «СТАНКИН». Материалы получены по результатам проведения научных мероприятий в Севастопольском государственном университете, университете «Туран-Астана», МГУ имени М.В. Ломоносова (Экономический факультет, Высшая школа государственного аудита), Российском государственном социальном университете, Московском финансово-промышленном университете «Синергия», РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина и МГТУ «СТАНКИН». Научный форум проводился с целью повышения качества подготовки специалистов и научных кадров, вовлечения молодежи в научно-исследовательский процесс, развития исследовательских компетенций и стремления к творческому использованию знаний в профессиональной деятельности. Сборник включает исследовательские работы бакалавров, магистрантов, аспирантов, преподавателей и молодых ученых в области информационных технологий, искусственного интеллекта, модернизации образовательного процесса, совершенствования методов и средств измерений, техники и технологий производственных процессов, цифровой трансформации общества и управления инновационной деятельностью.

Материалы публикуются в авторской редакции.

УДК 004:621
ББК 94.31

© Коллектив авторов, 2026
© ФГАОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН», 2026

ISBN 978-5-7028-0847-5

Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation

Moscow State University of Technology «STANKIN»

DIGITAL:
SCIENCE, EDUCATION, INNOVATION

Collection of materials of the VIII International Scientific Forum
of Faculty and Young Scientists
(Moscow, November 12 – December 15, 2025)

Under the general editorship of
V.A. Chekanin

Moscow, 2026

Reviewers:
Enikeev I.Kh., Doctor of Technical Sciences, Professor (Moscow Polytechnic University)
Berkov N.A., Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor (RTU MIREA)

Tsifrovye tekhnologii: nauka, obrazovanie, innovatsii [Digital: Science, Education, Innovation]. Proceedings of the 8th International Scientific Forum (Moscow, Russian Federation, November 12 – December 15, 2025). Eds. V.A. Chekanin. Moscow, MSUT «STANKIN», 2026. 468 p. (in Russian).

ISBN 978-5-7028-0847-5

The collection presents the materials of international scientific and practical conferences held within the framework of the VIII International Scientific Forum of Faculty and Young Scientists "Digital: Science, Education, Innovation", organized by the MSUT "STANKIN". The materials were obtained based on the results of scientific events at Sevastopol State University, Turan-Astana University, Moscow State University named after M.V. Lomonosov (Faculty of Economics, Higher School of State Audit), Russian State Social University, Synergy University, Russian State University of Oil and Gas (NRU) named after I.M. Gubkin and Moscow State University of Technology «STANKIN». The scientific forum was held with the aim of improving the quality of training of specialists and scientific personnel, involving young people in the research process, developing research competencies and striving for the creative use of knowledge in professional activities. The collection includes research works by bachelors, undergraduates, graduate students, teachers and young scientists in the field of information technology, artificial intelligence, modernization of the educational process, improvement of methods and means of measurement, technology and technologies of production processes, digital transformation of society and management of innovation activities.

The materials are published in the author's edition.

© Team of authors, 2026
ISBN 978-5-7028-0847-5
© MSUT "STANKIN", 2026

ОРГАНИЗАТОРЫ И ПАРТНЕРЫ

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «СТАНКИН»

127055 Российская Федерация, г. Москва, Вадковский пер., д. 1

Конкурс научно-практических работ и проектов «Цифровая трансформация: тенденции и перспективы» Начало в 12:30 (1 декабря 2025 г.)

Ответственные: Чеканин В.А., Бритвина В.В.

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «СТАНКИН»

127055 Российская Федерация, г. Москва, Вадковский пер., д. 1

Пленарное заседание Форума Начало в 14:00 (8 декабря 2025 г.)

Ответственные: Чеканин В.А., Бритвина В.В.

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «СТАНКИН»

127055 Российская Федерация, г. Москва, Вадковский пер., д. 1

Заключительное заседание Форума, награждение победителей и призеров. Начало в 12:30 (15 декабря 2025 г.)

Ответственные: Чеканин В.А., Бритвина В.В.

СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

299053 Российская Федерация, Республика Крым, г. Севастополь, ул. Университетская, д. 33, аудитории I-В-410, I-В-412.

V Международная конференция «Инфокоммуникационные технологии и средства обеспечения безопасности» Начало в 11:00 (20–21 ноября 2025 г.)

Ответственные: Савочкин А.А., Чеканин В.А., Бритвина В.В.

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ М.В. ЛОМОНОСОВА (ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ)

119234 Российская Федерация, г. Москва, ул. Колмогорова, д. 1, с. 46

Пленарное заседание в рамках Форума. Начало в 15:00 (24 ноября 2025 г.)

Ответственные: Лапидус Л.В., Чеканин В.А., Бритвина В.В.

ВЫСШАЯ ШКОЛА ГОСУДАРСТВЕННОГО АУДИТА (ФАКУЛЬТЕТ) МГУ ИМЕНИ М.В. ЛОМОНОСОВА

119991 Российская Федерация, г. Москва, Ленинские горы, д.1, стр. 13. Ауд. 271а

Конкурс научно-практических работ и проектов «Цифровая трансформация: право, экономика, управление». Начало в 16:00 (21 ноября 2025 г.)

Ответственные: Зуева А.С., Чеканин В.А., Бритвина В.В.

РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СОЦИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

129226 Российская Федерация, г. Москва, ул. Вильгельма Пика, 4, стр. 1

Международная конференция «Информационные технологии и информационная безопасность». Начало в 12:00 (17.11.2025 г. – 19.11.2025 г.)

Ответственные: Пивнева С.В., Чеканин В.А., Бритвина В.В.

РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ НЕФТИ И ГАЗА (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ) ИМЕНИ И.М. ГУБКИНА

119991 Российская Федерация, г. Москва, Ленинский пр-т, д. 65 , корп. 1, ауд. 249

V Международная конференция «Инновации в сфере производства» Начало в 10:30 (19 ноября 2025 г.)

Ответственные: Пятибратов П.В., Диева Н.Н., Чеканин В.А., Бритвина В.В., Конюхова Г.П.

МОСКОВСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «СИНЕРГИЯ», ФАКУЛЬТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ

115230 Российская Федерация, г. Москва, Хлебозаводский проезд, д. 7, стр. 10, ауд. 833

Международная конференция «Математическое моделирование цифровой экономики». Начало в 13:00 (27 ноября 2025 г.)

Ответственные: Захаров А.В., Мекшенева Ж.В., Чеканин В.А., Бритвина В.В.

УНИВЕРСИТЕТ «ТУРАН-АСТАНА»

010013 Республика Казахстан, г. Астана, ул. Ыкылас Дукенулы д. 29

XVIII Международная научно-практическая конференция докторантов, магистрантов и студентов «Актуальные проблемы науки: взгляд молодых исследователей» Начало в 11:00 (28 ноября 2025 г.)

Ответственные: Смоилов С.Ж., Гибадуллин А.А., Чеканин В.А., Бритвина В.В.

ORGANIZERS AND PARTNERS

MOSCOW STATE TECHNOLOGICAL UNIVERSITY "STANKIN"

127055 Russian Federation, Moscow, Vadkovsky lane, 1

Competition of scientific and practical works and projects "Digital transformation: trends and prospects" Beginning at 12:30 (December 1, 2025)

Responsible: Chekanin V.A., Britvina V.V.

MOSCOW STATE TECHNOLOGICAL UNIVERSITY "STANKIN"

127055 Russian Federation, Moscow, Vadkovsky Lane, 1

The plenary session of the Forum Begins at 14:00 (December 8, 2025)

Responsible persons: Chekanin V.A., Britvina V.V.

MOSCOW STATE TECHNOLOGICAL UNIVERSITY "STANKIN"

127055 Russian Federation, Moscow, Vadkovsky lane, 1

The final meeting of the Forum, awarding the winners and prize-winners. Beginning at 12:30 (December 15, 2025)

Responsible: Chekanin V.A., Britvina V.V.

SEVASTOPOL STATE UNIVERSITY

33 Universitetskaya St., Sevastopol, Republic of Crimea, 299053 Russian Federation, auditorium I-B-410, I-B-412

V International Conference "Infocommunication Technologies and Security Tools" Beginning at 11:00 (November 20-21, 2025)

Responsible persons: Savochkin A.A., Chekanin V.A., Britvina V.V.

LOMONOSOV MOSCOW STATE UNIVERSITY (FACULTY OF ECONOMICS)

119234 Russian Federation, Moscow, Kolmogorova str., 1, p. 46

A plenary session within the framework of the Forum. Beginning at 15:00 (November 24, 2025)

Responsible: Lapidus L.V., Chekanin V.A., Britvina V.V.

HIGHER SCHOOL OF PUBLIC AUDIT (FACULTY) LOMONOSOV MOSCOW STATE UNIVERSITY

119991 Russian Federation, Moscow, Leninskie gory, 1, p. 13. Room 271a

Competition of scientific and practical works and projects "Digital transformation: law, economics and management". Beginning at 16:00 (November 21, 2025)

Responsible: Zueva A.S., Chekanin V.A., Britvina V.V.

FEDERAL STATE BUDGETARY EDUCATIONAL INSTITUTION OF HIGHER EDUCATION "RUSSIAN STATE SOCIAL UNIVERSITY",

129226 Russian Federation, Moscow, Wilhelm Peak str., 4, building 1

International Conference "Information Technologies and Information Security". Beginning at 12:00 (17.11.2025 – 19.11.2025)

Responsible persons: Pivneva S.V., Chekanin V.A., Britvina V.V.

RUSSIAN STATE UNIVERSITY OF OIL AND GAS (NATIONAL RESEARCH UNIVERSITY) NAMED AFTER I.M. GUBKIN

119991 Russian Federation, Moscow, Leninsky Prospekt, 65, building 1, room 249

The V International Conference "Innovations in the field of production"

Starts at 10:30 (November 19, 2025)

Responsible: Pyatibratov P.V., Dieva N.N., Chekanin V.A., Britvina V.V., Konyukhova G.P.

MOSCOW UNIVERSITY "SYNERGY", FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY, DEPARTMENT OF APPLIED MATHEMATICS.

115230 Russian Federation, Moscow, Khlebozavodskiy proezd, 7, building 10, room 833

International Conference "Mathematical Modeling of the Digital Economy". Beginning at 13:00 (November 27, 2025)

Responsible persons: Zakharov A.V., Meksheneva Zh.V., Chekanin V.A., Britvina V.V.

TURAN-ASTANA UNIVERSITY

29 Ykylas Dukenuly str., Astana, 010013 Republic of Kazakhstan

XVIII International Scientific and Practical Conference of doctoral students, undergraduates and students "Actual problems of science: the view of young researchers" Beginning at 11:00 (November 28, 2025)

Responsible: Smolov S.Zh., Gibadullin A.A., Chekanin V.A., Britvina V.V.

СОДЕРЖАНИЕ

Секция 1. ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ 22

В.А. Чеканин Решение задачи расстановки с ограничениями по минимальному расстоянию между особыми точками прямоугольных объектов 23

Э.Р. Жданов, О.С. Харина, Р.А. Яфизова, В.Е. Петров Перспективные кристаллы для акустооптических модулей 28

В.Е. Петров Архитектура системы с ситуационным управлением в Производстве 5.0 32

В.А. Шиболденков Сетевая парадигма цифровой экономики 38

Секция 2. МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ, ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И КОМПЬЮТЕРНАЯ ЛИНГВИСТИКА 45

Д.И. Власов Мультифакторный анализ ИИ-зрелости российских публичных компаний: методология построения композитного индекса 46

В.А. Иванов, Ю.П. Михайлюк, Д.В. Начаров Обнаружение дождя по видеоизображениям в телекоммуникационных и охранных системах 51

И.К. Полеев Разработка файл-ориентированной системы хранения и управления документами с использованием предсказательных моделей и распределенной архитектуры 54

И.К.Полеев Автоматизация администрирования систем с использованием интеллектуальных диалоговых агентов 57

К.Г. Никишин, Н.А. Бычкова Интеллектуальный семантический анализ наукометрических данных 60

Т.А. Паршиков, Н.А. Бычкова Интеллектуальные системы поддержки принятия решений в оценке профессиональных компетенций 65

Н.А. Анисимова, В.С. Комаров Применение методов машинного обучения для построения суррогатных моделей сложных технических систем 71

И.Ю. Ильенко, Н.А. Бычкова Разработка интеллектуальной системы анализа фондового рынка для поддержки принятия решений 75

Г.П. Конюхова, Е.С. Крыльцов Распознавание скрытого негатива в вежливых высказываниях: подход на основе контекстуального анализа и трансферного обучения 79

А.Д. Прохоренко Прогнозирование инфляции с использованием каузальных моделей 82

А.В. Луценко, Е.С. Штурко Реалии и перспективы нейросетевого компьютерного зрения на одноплатном компьютере 87

Т.О. Шукюров, В.А. Скоков, А.А. Адамян, Н.В. Матвеева, Л.В. Янцер Использование искусственного интеллекта в игровых мирах 92

Е.М. Лымарева Интеллектуальные системы поддержки принятия решений в процессах клиентского взаимодействия 96

Е.М. Лымарева Интеллектуальная экспертная система для анализа отзывов с ИИ-помощником 99

П.Д. Богданов, Н.А. Бычкова Методы использования графовых нейросетевых моделей для доверенных систем принятия решений, предотвращающих мошенничество 102

К.К. Марков Применение математических моделей «затраты-выпуск» и искусственного интеллекта для оптимизации управления ресурсами и производственными процессами в машиностроительном предприятии 107

Секция 3. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБРАЗОВАНИИ... 112

А.А. Бирюкова Проведение практических занятий по предмету «Обоснование и разработка требований к программным системам» в условиях популяризации технологий искусственного интеллекта..... 113

В.В. Бритвина, М.В. Балезина, К.Е. Басенко, В.Д. Самохвалов Модель веб-приложения «Виртуальный питомец» для повышения мотивации студентов и управления учебными задачами..... 117

В.В. Бритвина, М.В. Балезина, К.Е. Басенко, В.Д. Самохвалов Разработка интеллектуального веб-сервиса для логопедического центра с элементами искусственного интеллекта..... 122

Н.В. Елисеева, И.В. Фоменко Разработка универсальной платформы-агрегатора данных расписаний учебных занятий на основе стандартов CalDAV и iCalendar 126

С.Н. Девицина, А.А. Петрушин, В.В. Харкевич, А.С. Мунтяну, А.А. Саражаков Приложение для обучения основам информационной безопасности путём геймификации 130

В.Ю. Воробьев, В.С. Хорошайло, С.Н. Девицина Разработка защищённого детского веб-браузера..... 134

Секция 4. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ И ИНФОРМАЦИИ..... 139

И.А. Коростелкина, Г.М. Васильев Модель многокритериальной оптимизации распределения ресурсов на информационную безопасность в государственном секторе..... 140

С.Н. Девицына, В.Э. Тверезый Безопасность систем динамического распределения спектра в сетях 5G/6G: анализ уязвимостей и методы защиты в соответствии с российскими стандартами 151

А.В. Колосовский, Д.К. Цапик Сегментация трафика по ASN: подход к защите национальных ресурсов 156

Э.А. Пупков, М.А. Сергиенко, Н.А. Грехов Разработка веб-приложения для предотвращения утечек данных при использовании больших языковых моделей. Модуль автоматического обнаружения персональных данных. 160

А.В. Трушкина Анализ методов защиты акустических данных от воздействия устройств негласного получения информации 165

Л.А. Шелаева Правовые аспекты защиты критической информационной инфраструктуры (КИИ): ответственность бизнеса и государства 169

С.Н. Девицына, В.А. Плисюк Анализ способов многофакторной аутентификации с учётом сложности реализации и человеческого фактора 175

О.С. Чемерис, А.А. Жилин Исследования по разработке анализатора «легитимного» DDos на веб-сервера и базы данных для контуров информационных систем субъектов экономической деятельности..... 179

П.В. Скидан, С.Н. Девицына Создание проекта защищенной информационной системы с применением бездисковой клиентской архитектуры 184

Секция 5. ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ И РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ 188

И.В. Бакалу, Г.В. Слезкин Антенна сантиметрового диапазона для сети 5G 189

Е.Е. Васин Моделирование входных характеристик фрактальной антенны с экраном 193

Т.А. Иванюк, М.Д. Филиппов, М.С. Беленко, Д.С. Хомочкина Разработка антенной системы для метеонавигационной РЛС 198

Т.А. Иванюк, Д.С. Хомочкина Разработка антенной системы для базовой станции 4G 202

А.Б. Кадыржан, И.Э. Сулейменов, Е.С. Витулёва, Д.Б. Шалтыкова Новые подходы к использованию оптоволоконной связи для защиты информации при передаче комманд группам БПЛА 207

А.Д. Ажицкий Анализ методов построения и протоколов мониторинга телекоммуникационной сети 211

А.С. Манько, В.В. Головин Тенденции развития диаграммообразующих устройств интеллектуальных антенных систем на основе технологий Radio-over-Fiber и кремниевой фотоники..... 215

М.С. Молчанов Математическое моделирование и оптимизация компьютерных сетей как важный элемент цифровой экономики..... 220

М.С. Поветкин Исследование возможностей кластеризации разнородных серверов на базе Windows Server 225

А.А. Протько, А.С. Манько Направления развития антенных систем в составе современного бортового радиоэлектронного оборудования 229

А.А. Савочкин, Р.Р. Гаспарян, Д.С. Ложкин, А.В. Хохлова, Н.А. Симионенко Канальное кодирование для системы мобильной радиосвязи следующего поколения..... 232

М.А. Дурманов, В.А. Салтановский Близкий к оптимальному алгоритм покрытия трёхмерных бинарных фигур 236

А.В. Трушкина, А.С. Манько Использование многопараметрического моделирования для определения оптимальных рабочих импедансов усилителей свч-диапазона..... 241

А.В. Трушкина, А.С. Манько Аппаратно-методическое обеспечение для многопараметрического анализа рабочих параметров усилителей СВЧ-диапазона 245

А.В. Трушкина Разработка печатной антенны-аппликатора для диагностики патологий головного мозга..... 250

Ю.Н. Тыщук, М.Д. Филиппов, Т.А. Иванюк, М.С. Беленко Специальное согласующее звено для антенны аварийного спасательного радиобуя..... 255

А.О. Ходенкова, Е.А. Редькина Обзор существующих методик численного расчёта параметров микрополосковых антенн и линий связи.... 259

Д.С. Хомочкина, Т.А. Иванюк Исследование характеристик микрополосковой антенны на основе турникетного принципа построения..... 263

Д.С. Хомочкина, Т.А. Иванюк Разработка схемы питания микрополосковой турникетной антенны с круговой поляризацией..... 267

С.А. Петрушин, Е.А. Редькина, И.Б. Широков Исследование целочисленного коэффициента для быстрого преобразования Фурье с целью применения в беспроводном подводном канале связи 271

А.В. Трушкина Модель распределения частотных диапазонов для систем кохлеарной имплантации..... 274

Д.А. Орлова, М.А. Дурманов Обзор методов помехоустойчивого кодирования данных 279

Секция 6. ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ В ОБЩЕСТВЕ И ЭКОНОМИКЕ..... 285

Б.В. Воронин, М.С. Алимова Эволюция управления ассортиментом и запасами в цифровой экономике - кластеризация временных паттернов для дифференцированных решений..... 286

Л.Е. Горбунков Моделирование инвестиционной деятельности предприятия на основе многоэтапной оптимизации с когерентной мерой риска CVaR 294

П.Е. Жибурт Влияние технологий искусственного интеллекта на краудфинансирование 296

Ю.Д. Каштанова, А.А. Горшенина, К.И. Новикова Модель мультимодального анализа ESG-фокуса компаний для формирования рекомендаций по устойчивому развитию 301

В.А. Шиболденков, Л.А. Корунова, А.С Малетина Анализ трендов в архитектуре предприятия на основе семантического анализа текстовых корпусов с применением нейронных сетей 307

З.В. Брезгин, А.Р. Султанова, А.О. Блинов Роль Open Source в развитии операционных систем и прикладного ПО 312

А.С. Кель, К.С. Евстраткин, Д.А. Денисова Прогрессивные фреймворки в веб-разработке на основе нейросетевых технологий 316

Г.П. Конюхова, С.С. Пушин Механизм адаптивного распределения лидов на основе анализа эффективности продаж менеджеров 320

Г.П. Конюхова, С.С. Пушин Автоматизация распределения лидов на основе эффективности менеджеров 324

Е.Ш. Акманова, В.Е. Петров Разработка высокопроизводительного API Gateway Configurator для корпоративных систем 328

В.М. Образцов, М.Ю. Ибатулин Стратегии построения карьеры разработчика в условиях цифровой трансформации 332

И.Ю. Ильенко, Н.А. Бычкова Разработка системы потоковой обработки больших данных в режиме реального времени 336

Н.В. Елисеева, Д.К. Караганов Технология построения Low-code системы для предиктивного анализа текучести кадров на основе HR-данных 340

А.К. Конде, В.Е. Петров Автоматизация процесса выбора представлений в реляционных базах данных с использованием декларативных подходов к моделированию 344

А.Е. Минин Структурный анализ позиционирования инвесторов на российском срочном рынке 347

М.М. Назарян, В.Е. Самойлов, Н.А. Бычкова Архитектура информационной системы оценки рисков и эффективности ИТ-проектов 351

И.Н. Реймерс Применение алгоритмических стратегий для моделирования и минимизации рисков открытых электронных закупок торговых домов 356

М.А. Бобровских Подходы к тестированию интеграционных взаимодействий и их применимость к системе межведомственного электронного взаимодействия версии 3 361

М.М. Адживанаев Адаптивный метод динамического сканирования и фуззинга веб-приложений 365

Г.Л. Асатрян Цифровые инструменты при реализации риск-ориентированного подхода в государственном финансовом контроле 372

А.Р. Щетинина Цифровые платформы как квази-институты инновационной политики в условиях платформенной экономики 376

Секция 7. НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ И ИННОВАЦИИ В РАЗВИТИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ 382

П.М. Модонов Автоматизация хранения, обработки и визуализации показателей железнодорожных перевозок, регистрируемых бортовыми устройствами 383

П.М. Модонов Автоматизация выполнения тяговых расчётов на железнодорожном транспорте и разработка инструментов для проведения экспериментов при формировании составов и планировании поездок 387

Д.Д. Олемской, М.Ю. Ибатулин Интеллектуальный анализ данных для оптимизации агротехнологических процессов и контроля качества продукции 391

Э.Р. Жданов, О.С. Харина, Е.Ю. Козлов, А.В. Кольцов, В.Е. Петров Преимущества применения цифровых двойников при производстве наукоемкой продукции 396

Э.Р. Жданов, А.В. Волков, А.В. Крюков, В.Е. Петров Использование цифрового двойника в технологии реализации материалов в машиностроении 400

Т.А. Иванюк, А.М. Андрейчук, К.В. Тазов, В.В. Вертегел Разработка интегрального датчика температуры 404

Р.В. Сущеня, В.Е. Петров Формирование агрегированной оценки состояния серверных узлов для задач внешней балансировки нагрузки 408

В.А. Шиленков Проектирование системы динамического формирования технической документации 412

М.Р. Струтовская Исследование реализации датчиков давления для прототипа ортеза для коленного сустава 417

А.В. Трушкина, Д.А. Щекатурина, М.Г. Малова, И.А. Сирица, А.А. Сирица Разработка автоматизированной системы подсчета упражнений в гиревом спорте с применением оптических датчиков 423

Ю.Н. Тыщук, М.Д. Филиппов, Т.А. Иванюк, М.С. Беленко
Инверторный стабилизатор переменного напряжения с синусоидальным выходным сигналом 426

М.Ю. Ибатулин Оптимизация производственного планирования на основе DataOps-архитектуры и навыко-ориентированного моделирования компетенций 430

И.А. Бакулин Методика применения децентрализованных автономных организаций в управлении промышленными предприятиями 435

О.А. Лобанов, В.Е. Петров Возникновение порождения задвоенности как системный парадокс 442

Э.Р. Жданов, О.С. Харина, Е.Ю. Козлов, Д.В. Ермаков, В.Е. Петров
Внедрение искусственного интеллекта в производственный процесс 446

А.Б. Яров Компьютерное моделирование волн функционально-воксельным методом 450

Е.Е. Бондарь, В.В. Бритвина Концептуальная модель интеллектуальной оптимизации маршрутов в ограниченных условиях 454

А.С. Макаров, В.А. Чеканин Внедрение электронных листков нетрудоспособности в конфигурацию на платформе «1С:Предприятие 8.3» 457

А.С. Макаров, В.А. Чеканин Интеграция Яндекс Трекера в систему учета времени работы сотрудников на платформе «1С:Предприятие 8.3» 462

CONTENTS

Section 1. PLENARY REPORTS **22**

V.A. Chekanin Solving the packing problem with restrictions on the minimum distance between special points of rectangular objects 23

E.R. Zhdanov, O.S. Kharina, R.A. Yafizova, V.E. Petrov Promising crystals for improving acousto-optic modules 28

V.E. Petrov Architecture of a situational management system in Production 5.0 .. 33

V.A. Shiboldenkov The network paradigm of the digital economy 39

Section 2. MACHINE LEARNING, ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND COMPUTATIONAL LINGUISTICS **45**

D.I. Vlasov Multi-factor analysis of ai maturity in Russian public companies: a methodology for building a composite index 46

V.A. Ivanov, Yu.P. Mickhayluck, D.V. Nacharov Rain detection based on video images in telecommunication and security systems 51

I.K. Poleev Development of a file-oriented system for document storage and management using predictive models and a distributed architecture 55

I.K. Poleev Automation of system administration using intelligent conversational agents 58

K.G. Nikishin, N.A. Bychkova Intelligent semantic analysis of scientometric data 61

T.A. Parshikov, N.A. Bychkova Intelligent decision support systems for professional competence assessment 66

N.A. Anisimova, V.S. Komarov Application of machine learning methods for constructing surrogate models of complex technical systems 71

I.Y. Iljenko, N.A. Byckkova Development of an intelligent stock market analysis system for decision support 76

G.P. Konukhova, E.S. Kryltsov Recognizing hidden negativity in polite statements: an approach based on contextual analysis and transfer learning 80

A.D. Prokhorenko Forecasting inflation using causal models 82

A.V. Lutsenko, E.S. Shturko The realities and prospects of neural network computer vision on a single-board computer 87

T.O. Shukyurov, V.A. Skokov, A.A. Adamyan, N.V. Matveeva, L.V. Iantser The use of artificial intelligence in game worlds 92

E.M. Lymareva Development of approaches to analyzing user reviews based on machine learning methods 96

E.M. Lymareva Intelligent expert system for review analysis with an AI assistant 99

P.D. Bogdanov, N.A. Bychkova Methods of using graph neural network models for trusted decision-making systems that prevent fraud 103

K.K. Markov Application of input-output mathematical models and artificial intelligence for optimization of resource management and production processes in machine-building enterprises 107

Section 3. INFORMATION TECHNOLOGY IN EDUCATION 112

A.A. Biryukova Conducting practical classes on the subject "Justification and development of requirements for software systems" in the context of the popularization of artificial intelligence technologies 113

V.V. Britvina, M.V. Balezina, K.E. Basenko, V.D. Samokhvalov A virtual pet Web application model to increase student motivation and manage learning tasks 117

V.V. Britvina, M.V. Balezina, K.E. Basenko, V.D. Samokhvalov Development of an intelligent Web service for a speech therapy center with elements of artificial intelligence 122

N.V. Eliseeva, I.V. Fomenko Development of an universal platform-aggregator of class schedule data based on CalDAV and iCalendar standards 127

S.N. Devitsina, A.A. Petrushin, M.A. Harckevich, A.S. Muntanu, A.A. Sarazhakov An application for teaching the basics of information security through gaming 131

V.Y. Vorobiov, V.S. Horoshailo, S.N. Devitsyna Development of a secure children's Web browser 135

Section 4. METHODS AND MEANS OF ENSURING THE SECURITY OF OBJECTS AND INFORMATION 139

I.A. Korostelkina, G.M. Vasiliev A model of multi-criteria optimization of resource allocation for information security in the public sector 140

S.N. Devitsyna, V.E. Tverezy Security of dynamic spectrum allocation systems in 5G/6G networks: vulnerability analysis and protection methods in compliance with Russian standards 152

A.V. Kolosovskiy, D.K. Tsapik Traffic segmentation by ASN: an approach to protecting national resources 157

E.A. Pupkov, M.A. Sergienko, N.A. Grekhov, T.V. Lagutkina Developing a Web application to prevent data leaks when using large language models. The module for automatic detection of personal data 161

A.V. Trushkina Analysis of methods for protecting acoustic data from the impact of covert information collection devices 165

L.A. Shelaeva Legal aspects of protecting critical information infrastructure (CII): business and government responsibilities 169

S.N. Devitsyna, V.A. Plisyuk Analysis of multi-factor authentication methods considering implementation complexity and human factor 175

O.S. Chemeris, A.A. Zhilin Research on the development of a «legitimatic» DDos analyzer on a Web server and a database for the contours of information systems of economic entities 180

P.V. Skidan, S.N. Devitsyna Creating a secure information system project using a diskless client architecture 185

Section 5. INFOCOMMUNICATION AND RADIOELECTRONIC TECHNOLOGIES 188

I.V. Bakalu, G.V. Slyozkin Centimeter band antenna for 5G network 189

E.E. Vasin Simulation of input parameters of a fractal antenna with a reflector 193

T.A. Ivanyuk, M.D. Filippov, M.S. Belenko, D.S. Khomochkina Development of an antenna system for a meteorological radar 198

T.A. Ivanyuk, D.S. Khomochkina Development of an antenna system for a system for a 4G base station 203

A.B. Kadyrzhan, I.E. Suleimenov, E.S. Vitulyova, D.B. Shaltykova New approaches to using fiber-optic links for information security in command transmission to UAV swarms 207

A.D. Azhitsky Analysis of network methods and protocols for monitoring telecommunication networks 211

A.S. Manko, V.V. Golovin Trends in the development of beamforming networks for intelligent antenna systems based on Radio-over-Fiber and silicon photonics technologies 216

M.S. Molchanov Mathematical modeling and optimization of computer networks as an important element of the digital economy 220

M.S. Povetkin Studying the clustering possibilities of heterogeneous servers based on Windows Server 225

A.A. Protko, A.S. Manko Directions for the development of antenna systems as part of modern onboard radioelectronic equipment 229

A.A. Savochkin, R.R. Gasparyan, D.S. Lozhkin, A.V. Hohlova, N.A. Simionenko Channel coding for next-generation mobile radio systems 233

M.A. Durmanov, V.A. Saltanovsky Close-to-optimal algorithm for rectangular cover of 3D shapes 237

A.V. Trushkina, A.S. Manko Multi-parameter modeling usage for determining optimal operational impedances of microwave amplifiers 242

A.V. Trushkina, A.S. Manko Hardware and methodological support for multi-parameter analysis of microwave amplifiers operational parameters 246

A.V. Trushkina Development of a patch antenna applicator for the diagnosis of brain pathologies 251

Yu.N. Tyschuk, M.D. Filippov, T.A. Ivanyuk, M.S. Balenko Special matching circuit for EPIRB antenna 255

A.O. Khodenkova, E.A. Redkina Review of existing methods for numericalcalculation of parameters of microstrip antennas and communication lines 259

D.S. Khomochkina, T.A. Ivanyuk Study of microstrip antenna characterics based on the turntable principle of construction 263

D.S. Khomochkina, T.A. Ivanyuk Design of feeder scheme for a microstrip turnstile antenna with circular polarization 267

S.A. Petrushin, E.A. Redkina, I.B. Shirokov Study of integer coefficient for fast Furie transformation for application in wireless underwater communication channel 271

A.V. Trushkina Frequency band distribution model for cochlear implantation systems 274

D.A. Orlova, M.A. Durmanov Overview of noise-resistant data encoding methods 279

Section 6. DIGITAL TRANSFORMATION IN SOCIETY AND ECONOMY 285

B.V. Voronin, M.S. Alimova Evolution of assortment and inventory management in the digital economy – time-pattern clustering for differentiated decisions 286

L.E. Gorbunkov Modeling corporate investment activity using multi-stage optimization with coherent risk measure CVaR 294

P.E. Zhiburt The influence of artificial intelligence technologies on crowdfinancing 297

Y.D. Kashtanova, A.A. Gorshenina, K.I. Novikova Methodology for multimodal analysis of corporate reporting disclosure to develop recommendations for improving ESG image 302

V.A. Shiboldenkov, L.A. Korunova, A.S. Maletina Clustering of trends in the enterprise architecture based on semantic analysis of text corpuses using neural networks 307

Z.V. Brezgin, A.R. Sultanova, A.O. Blinov The role of Open Source in the development of operating systems and application software 312

A.S. Kel, K.S. Evstratkin, D.A. Denisova Progressive frameworks in Web development based on neural network technologies 316

G.P. Konukhova, S.S. Pushin Mechanism for adaptive lead distribution based on analysis of sales managers' effictiveness 320

G.P. Konukhova, S.S. Pushin Automation of lead distribution based on manager efficiency 325

E.S. Akmanova, V.E. Petrov Developing a high-performance API Gateway configurator for corporate systems 328

V.M. Obraztsov, M.Yu. Ibatulin Strategies for building a developer's career in the context of digital transformation..... 332

I.Y. Iljenko, N.A. Byckkova Development of a real-time big data streaming processing system 336

N.V. Eliseeva, D.K. Karaganov Technology for building a Low-code system for predictive analysis of hr fleet on the basis of HR data..... 340

A.K. Conde, V.E. Petrov Automating the views selection process in relational databases using declarative modeling approaches..... 344

A.E. Minin Structural analysis of investor positioning in the Russian derivatives market 348

M.M. Nazaryan, V.E. Samoylov, N.A. Bychkova Architecture of an information system for assessing risks and effectiveness of IT projects..... 352

I.N. Reimers Application of algorithmic strategies for modeling and minimizing risks in open electronic procurement of trading houses..... 356

M.A. Bobrovskikh Approaches to testing integration interactions and their applicability to the system of interdepartmental electronic interaction Version 3..... 362

M.M. Adzhivapaev Adaptive method of dynamic scanning and fuzzing of Web applications 366

G.L. Asatryan Digital tools for implementing a risk-based approach in state financial control 372

A.R. Shchetinina Digital platforms as quasi-institutions of innovation policy in the platform economy 377

Section 7. HIGH-TECH TECHNOLOGIES AND INNOVATIONS IN THE DEVELOPMENT OF INDUSTRIAL COMPLEXES 382

P.M. Modonov Automation of storage, processing and visualization of railway transportation indicators registered by onboard units..... 383

P.M. Modonov Automation of traction calculations in railway transport and development of tools for conducting experiments in the formation of rolling stocks and trip planning 388

D.D. Olemskoy, M.Yu. Ibatulin Intelligent data analysis for optimizing agrotechnological processes and product quality control..... 392

E.R. Zhdanov, O.S. Kharina, E.Y. Kozlov, A.V. Koltsov, V.E. Petrov Advantages of using digital twins in the production of high-tech products..... 397

E.R. Zhdanov, A.V. Volkov, A.V. Kryukov, V.E. Petrov The use of a digital twin in the technology of materials implementation in mechanical engineering .. 401

T.A. Ivanyuk, A.M. Andreychuk, K.V. Tazov, V.V. Vertegel Development of an integral temperature sensor 404

R.V. Suschenya, V.E. Petrov Forming an aggregated node state assessment for external load balancing tasks..... 409

V.A. Shilenkov Design of a system for dynamic generation of technical documentation 413

M.R. Strutovskaya Study of pressure sensors for a prototype knee wrist orthopedic apparel..... 418

A.V. Trushkina, D.A. Schshekaturina, M.G. Malova, I.A. Siritsa, A.A. Siritsa Development of an automated system for counting exercises in kettlebell sports using optical sensors..... 423

Yu.N. Tyschuk, M.D. Filippov, T.A. Ivanyuk, M.S. Balenko Inverter AC voltage stabilizer with sinusoidal output signal..... 427

M.Yu. Ibatulin Optimization of production planning based on DataOps architecture and skill-oriented competence modelling 430

I.A. Bakulin Methodology for applying decentralized autonomous organizations in the management of industrial enterprises..... 435

O.A. Lobanov, V.E. Petrov The emergence of the genesis of involutive doubling as a systemic paradox 442

E.R. Zhdanov, O.S. Kharina, E.Y. Kozlov, D.V. Ermakov, V.E. Petrov The introduction of artificial intelligence into the production process 446

A.B. Yarov Computer modeling of waves using the functional voxel method 450

E.E. Bondar, V.V. Britvina A conceptual model of intellectual route optimization under constraints..... 454

A.S. Makarov, V.A. Chekanin Implementation of electronic sick leave certificates in a configuration on the «1C:Enterprise 8.3» platform 457

A.S. Makarov, V.A. Chekanin Integration of Yandex Tracker into an employee work time tracking system on the «1C:Enterprise 8.3» platform 462

Секция 1

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ



Section 1

PLENARY REPORTS

УДК 004.94

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ РАССТАНОВКИ С ОГРАНИЧЕНИЯМИ ПО МИНИМАЛЬНОМУ РАССТОЯНИЮ МЕЖДУ ОСОБЫМИ ТОЧКАМИ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ

В.А. Чеканин, д-р техн. наук, доцент [1, 2, a)]
[1] ФГАОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН», Москва, Российская Федерация
[2] ИПУ РАН, Москва, Российская Федерация
E-mail: [a)] v.chekanin@stankin.ru

Аннотация: В статье рассматривается задача расстановки плоских прямоугольных объектов, для которой задано технологическое ограничение в виде требования по соблюдению минимального расстояния между выбранными особыми точками объектов. На основе модели потенциальных контейнеров предложен алгоритм, обеспечивающий гарантированное соблюдение заданного расстояния между размещаемыми прямоугольными объектами. Представлены примеры формирования компоновок объектов с различными значениями минимального расстояния, заданного между особыми точками объектов.
Ключевые слова: задачи расстановки, компоновка, модель потенциальных контейнеров, особые точки.

SOLVING THE PACKING PROBLEM WITH RESTRICTIONS ON THE MINIMUM DISTANCE BETWEEN SPECIAL POINTS OF RECTANGULAR OBJECTS

V.A. Chekanin [1, 2, a)]
[1] Moscow State University of Technology «STANKIN», Moscow, Russia
[2] V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of Russian Academy of Sciences (ICS RAS), Moscow, Russia
E-mail: [a)] v.chekanin@stankin.ru

Abstract: The article considers the problem of placing flat rectangular objects, for which a technological limitation is set in the form of a requirement to maintain a minimum distance between selected special points of objects. Based on the model of potential containers, an algorithm is proposed that ensures guaranteed compliance with a given distance between placed rectangular objects. Examples of the formation of layouts of objects with different values of the minimum distance set between special points of objects are presented.
Keywords: packing problem, layout, model of potential containers, special points.

Введение

В работе рассматривается задача оптимизированной расстановки прямоугольных объектов, относящаяся к числу классических задач раскроя-упаковки. Она заключается в поиске наиболее компактного способа размещения в ограниченном пространстве некоторого набора объектов, заданных в форме прямоугольников. При решении задач раскроя-упаковки необходимо учитывать различные виды ограничений на формируемую расстановку. Геометрические ограничения не позволяют объектам перекрывать друг друга, выходить за границы области размещения (контейнера), а также задают допустимые варианты ориентации для каждого размещаемого объекта. При решении реальных задач, возникающих на производстве, учитываются также и технологические ограничения, одно из которых связно с необходимостью соблюдения заданных расстояний между особыми точками объектов. Такое ограничение необходимо учитывать для обеспечения безопасности на промышленных складах, содержащих контейнеры с опасными веществами (горючими жидкостями, газом, химикатами), при этом пожарная безопасность рассчитывается исходя из радиуса зоны поражения при возгорании и расположения опасной точки объекта [1]. В качестве другого примера можно привести задачу оптимизированной расстановки электронных компонентов с тепловыми или электромагнитными ограничениями (центры чипов могут рассматриваться в качестве источников тепла или электромагнитного излучения).

В настоящей работе представлен разработанный алгоритм, обеспечивающий формирование расстановки с учётом технологического ограничения на минимальное расстояние между особыми точками размещаемых объектов.

Методы

Постановка задачи

Дан набор из n объектов в форме прямоугольника с габаритными размерами $\left\{w_i^1, w_i^2\right\}, i \in \{1,\ldots,n\}$ (верхний индекс в формулах будет обозначать порядковый номер координатной оси), а также единственный контейнер с габаритными размерами описанного прямоугольника $\left\{W^1, W^2\right\}$. Обозначим положение объекта i в контейнере через $\left(x_i^1; x_i^2\right)$. При решении задачи упаковки необходимо наиболее плотно разместить все объекты в контейнере (т.е. получить компоновку минимальной длины), при этом объекты не должны перекрывать друг друга и не должны выходить за границы контейнера. Все объекты должны быть ориентированы параллельно осям контейнера, при этом допускается их поворот на углы, кратные 90°.

При моделировании расстановки будем использовать разработанную модель потенциальных контейнеров, которая описывает свободное пространство каждого контейнера полным набором потенциальных контейнеров – ортогональных объектов с наибольшими габаритными

размерами, которые могут быть в нём размещены [2]. Потенциальный контейнер k описывается вектором $\{v_k^1; v_k^2\}$, содержащим его габаритные размеры, а также вектором $\{p_k^1; p_k^2\}$, содержащим координаты положения его начала координат относительно начала координат контейнера.

Для каждого объекта i в системе координат его центра задаётся особая точка $(X_i^1; X_i^2)$, а также минимальное расстояние R_i, на котором эта точка должна быть удалена от остальных объектов. Координаты особой точки при повороте объекта будут принимать значения Z^1 и Z^2 в соответствии с таблицей 1.

При описании алгоритма расстановки будем опускать нижний индекс, обозначающий порядковый номер текущего рассматриваемого объекта.

Таблица 1. Координаты особых точек для различных вариантов ориентации объекта

Вариант ориентации	Координата особой точки вдоль оси 1 (Z^1)	Координата особой точки вдоль оси 2 (Z^2)
0°	$x^1 + w^1/2 + X^1$	$x^2 + w^2/2 + X^2$
90°	$x^1 + w^2/2 + X^2$	$x^2 + w^1/2 - X^1$
180°	$x^1 + w^1/2 - X^1$	$x^2 + w^2/2 - X^2$
270°	$x^1 + w^2/2 - X^2$	$x^2 + w^1/2 + X^1$

Алгоритм расстановки объектов с учётом особых точек

При решении задачи расстановки необходимо для каждого объекта найти такой потенциальный контейнер, в котором объект будет целиком размещён с учётом выполнения всех заданных требований по отступам, а также при этом он будет находиться наиболее близко к точке старта расстановки [3]. Поиск первого подходящего потенциального контейнера осуществляется алгоритмом, который подробно описан в статье [2].

Для размещения объекта с учётом особых точек ранее размещённых объектов разработан следующий алгоритм.

Шаг 1. Определение области Ω_1 возможного сдвига объекта внутри потенциального контейнера.

Внутри выбранного потенциального контейнера k задаётся прямоугольная область Ω_1, каждая точка которой может быть использована в качестве начала координат размещаемого объекта (начало координат объекта связано с его левым нижним углом). Эта прямоугольная область определяет возможный сдвиг размещаемого объекта внутри потенциального контейнера. Расположение области возможного сдвига объекта задаётся вектором $\{q_k^1; q_k^2\}$, значения которого вычисляются по формуле $q_k^d = \min\left(p_k^d, p_k^d + \min\left(\xi^d, v_k^d - Z^d + x^d\right)\right)$ $\forall d = \{1,2\}$, при этом она имеет габаритные размеры, задаваемые вектором $\{s_k^1; s_k^2\}$, где $s_k^d = \max\left(p_k^d, p_k^d + \min\left(\xi^d, v_k^d - Z^d + x^d\right)\right) - q_k^d$ $\forall d = \{1,2\}$. Здесь ξ^d –

величина возможного сдвига объекта в направлении координатной оси d внутри всего пространства размещения в окрестности выбранного потенциального контейнера с учётом заданных отступов, которые должны быть выдержаны для каждой стороны размещаемого объекта [3]. Значение ξ^1 определяется как разность между максимально возможным сдвигом правой стороны объекта и минимально необходимым отступом с левой стороны объекта при условии, что максимально возможный сдвиг правой стороны объекта положителен. В случае если максимально возможный сдвиг левой стороны объекта положителен, то значение ξ^1 определяется как разность между минимально необходимым отступом с правой стороны объекта и максимально возможным отступом левой стороны объекта. Значение ξ^2 определяется аналогичным образом, только при этом рассматриваются верхняя и нижняя стороны объекта.

Шаг 2. Получение области, свободной от зон действия особых точек.

Для учёта зон влияния особых точек создаётся пустой контейнер C с габаритными размерами $\{W^1, W^2\}$, в котором размещаются геометрические ограничения в форме кругов в окрестности особых точек всех ранее размещённых объектов. При размещении очередного объекта i для каждого ранее размещённого объекта j формируется геометрическое ограничение в форме круга, которое задаётся ортогональным многогранником [4] с центром в точке $\left(Z_j^1; Z_j^2\right)$ и радиусом, равным $\max\left(R_j, R_i\right)$. Далее для контейнера C применяется операция инвертирования его содержимого, которая даст область контейнера Ω_2, свободную от зон действия особых точек. Последующий сдвиг области Ω_2 на величину, определяемую расположением особой точки внутри повёрнутого объекта, даст область Ω_3, которая будет далее использована совместно с областью Ω_1 для анализа возможности размещения в контейнере объекта i.

Шаг 3. Получение области Ω_4, доступной для размещения объекта с учётом зон действия особых точек.

В результате применения теоретико-множественной операции пересечения областей Ω_1 и Ω_3 будет получена область Ω_4, каждая точка которой может быть использована в качестве начала координат размещаемого объекта при расстановке с учётом ограничений, задаваемыми особыми точками: $\Omega_4 = \Omega_1 \cap \Omega_3$. Последующий выбор конкретной точки области Ω_4 для размещения объекта осуществляется с учётом анализа заданных точек старта расстановки [3].

Результаты

На рис. 1 представлены примеры компоновок, полученных при различных значениях минимального расстояния между особыми точками объектов.

Заключение

Разработанный алгоритм расстановки обеспечивает размещение объектов, для каждого из которых возможно задание индивидуального расположения особой точки, а также индивидуального значения минимальной дистанции до особых точек других объектов.

Описанный алгоритм обеспечивает расстановку объектов, рёбра которых параллельны координатным осям пространства размещения. При этом актуальным направлением развития исследований является разработка усовершенствованного алгоритма расстановки, учитывающего ограничения, накладываемые особыми точками объектов сложной геометрии, задаваемых ортогональными многогранниками, а также применимого для расстановки объектов, ориентированных под произвольными углами.

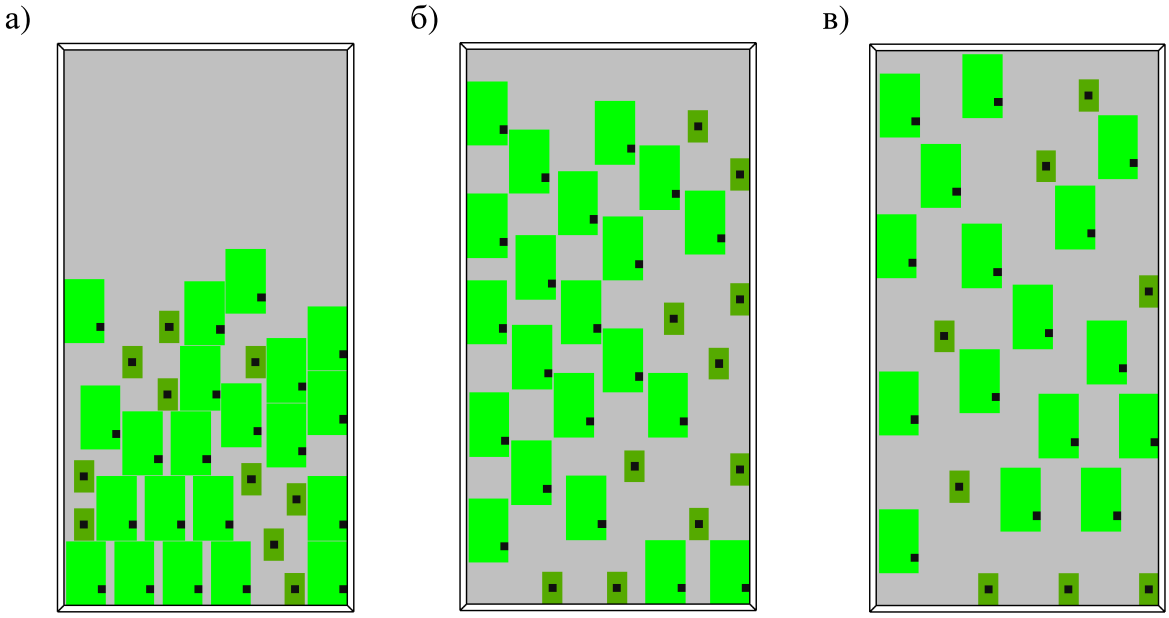


Рис. 1. Примеры компоновки объектов с различными значениями минимального расстояния, заданного между особыми точками:
а) минимальное расстояние между особыми точками равно 60; б) минимальное расстояние между особыми точками равно 80; в) минимальное расстояние между особыми точками равно 100

Список литературы

1. Fang H., Xu M., Chen X., Lo S.M., Wan M.P. Development of a Performance-Based Approach for Optimizing Sensor Placement in Building Fire Detection // Fire Technology. 2025. P. 1-28. https://doi.org/10.1007/s10694-025-01721-1.

2. Chekanin V.A., Chekanin A.V. Algorithms for management objects in orthogonal packing problems // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2016. Vol. 11. No. 13. P. 8436-8446.

3. Чеканин В.А., Чеканин А.В. Развитие алгоритмов расстановки плоских объектов с учётом специфики реальных задач компоновки // Современное машиностроение. Наука и образование. 2024. № 13. С. 458-472.

4. Чеканин В.А. Алгоритмы размещения и удаления ортогональных многогранников произвольной размерности в задачах раскроя и упаковки // Вестник МГТУ «Станкин». 2019. № 3 (50). С. 77-81.

УДК 621.37

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ КРИСТАЛЛЫ ДЛЯ АКУСТООПТИЧЕСКИХ МОДУЛЕЙ

Э.Р. Жданов, канд. физ.-мат. наук [1, а)]
О.С. Харина, канд. эконом. наук [1, б)]
Р.А. Яфизова, канд. пед. наук [1, в)]
В.Е. Петров, канд. техн. наук, доцент [2, г)]
[1] ФГБОУ ВО «РТУ «МИРЭА», Москва, Российская Федерация
[2] ФГАОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН», Москва, Российская Федерация
E-mail: [а)] zhdanov@ufanet.ru, [б)] olgakharina12@yandex.ru,
[в)] regina.yafizova@mail.ru, [г)] cu58@mail.ru

Аннотация: В статье рассматриваются современные тенденции развития акустооптических устройств, используемых в лазерных технологиях. Особое внимание уделено поиску и разработке новых материалов, объединяющих высокие физические и химические характеристики. Анализируются свойства алмазоподобных веществ с точки зрения их применимости в высокопроизводительных системах обработки оптических сигналов. Обосновывается необходимость синтеза новых кристаллических структур, обладающих улучшенной устойчивостью к высоким нагрузкам и повышенными акустооптическими параметрами. Приведены результаты экспериментов по оценке влияния состава и условий выращивания кристаллов на эффективность акустооптических преобразований.
Ключевые слова: акустооптические модули, лазерные установки, кристаллы, ниобат лития, алмаз, сапфир, оптические сигналы

PROMISING CRYSTALS FOR IMPROVING ACOUSTO-OPTIC MODULES

E.R. Zhdanov[1, a)], **O.S. Kharina**[1, b)], **R.A. Yafizova**[1, c)], **V.E. Petrov** [2, d)]
[1.] MIREA Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education, Moscow, Russian Federation
[2] Moscow State University of Technology «STANKIN», Moscow, Russia Federation
E-mail: [a)] zhdanov@ufanet.ru, [b)] olgakharina12@yandex.ru,
[c)] regina.yafizova@mail.ru, [d)] cu58@mail.ru

Annotation: The article discusses current trends in the development of acousto-optic devices used in laser technologies. Special attention is paid to the search and development of new materials combining high physical and chemical characteristics. The properties of diamond-like substances are analyzed in terms of their applicability in high-performance optical signal processing systems. The necessity of synthesizing new crystal structures with improved resistance to high loads and increased acousto-optical parameters is substantiated. The results of experiments to evaluate the effect of crystal composition and growing conditions on the effectiveness of acousto-optical transformations are presented.
Keywords: acousto-optical modules, laser installations, crystals, lithium niobate, diamond, sapphire, optical signals

Введение

В настоящее время наблюдался значительный рост интереса к производству мощных лазерных установок, стимулированный потребностями науки и индустрии. Появление и внедрение твердотельных, волоконных, полупроводниковых и газовых лазеров привело к быстрому развитию лазерных технологий и внедрению их в разнообразные прикладные отрасли, включая промышленность, биотехнологии и коммуникационные сети.

Особенное внимание уделяется методам модуляции параметров лазерного луча, таким как изменение поляризации, интенсивности, фазовых сдвигов, частоты и направления распространения световой волны. Одним из перспективных подходов является использование акустооптических (АО) методик, основанных на взаимодействии акустических волн с когерентным излучением. Применение акустооптических устройств стало критичным элементом современного оборудования, повышая точность, гибкость и производительность лазерных систем.

Тем не менее, существующие традиционные оптические кристаллы, традиционно используемые в акустооптических модуляторах, сталкиваются с рядом ограничений. Рост требований к качеству лазерного излучения привел к ситуации, когда классические материалы перестают удовлетворять новым технологическим стандартам. Например, кристаллы парателлурита (TeO_2) характеризуются выдающейся эффективностью акустооптического взаимодействия, но отличаются низкой радиационной стойкостью и склонны к деградации при воздействии интенсивного лазерного потока. Напротив, кристаллы кварца (SiO_2) обладают повышенной устойчивостью к разрушению под действием излучения, но уступают другим материалам по уровню эффективности.

Таким образом, актуальной задачей становится разработка новых оптических материалов, сочетающих преимущества обоих традиционных классов кристаллов. Основное направление исследований связано с синтезированием оптимизированных кристаллических структур, обладающих одновременно высокой эффективностью, устойчивостью к мощным лазерным

воздействиям и адекватной теплопроводностью. Это позволит обеспечить необходимые условия эксплуатации акустооптических модулей, повысить их долговечность и упростить техническую реализацию систем охлаждения.

Настоящая работа посвящена изучению структурных и функциональных характеристик ряда перспективных кристаллических материалов, предназначаемых для реализации акустооптических функций в лазерных установках. Основной целью является установление закономерностей, связывающих структуру кристаллов с их физическими и химическими параметрами, необходимыми для эффективной работы акустооптических модуляторов и построения обоснованной стратегии выбора материалов для последующих инженерных решений.

Обсуждение

Алмаз является уникальным материалом, широко применяемым в современной микроэлектронике благодаря своим выдающимся физико-химическим свойствам. Его теплопроводность превышает аналогичные показатели многих известных материалов, ширина запрещённой зоны составляет около 5,5 электрон-вольт, электрическое поле перед пробоем достигает значений порядка 10^7 вольт на сантиметр, а подвижность носителей заряда приближается к $1{,}8 \cdot 10^3$ $см^2/В \cdot с$. Современные технологии позволяют получать высококачественные гомоэпитаксиальные плёнки с контролируемым содержанием легирующих примесей (B, Ti, Ga, P, W, Au и др.).

Особое значение имеют уникальные оптические свойства алмаза. Коэффициент преломления колеблется в диапазоне от 2,402 до 2,465, а величина дисперсии достигает уровня 0,063, что значительно превосходит соответствующие показатели кварца и позволяет создать особый эффект блеска и игры света, характерный исключительно для бриллиантов.

Диэлектрические свойства алмаза проявляются в высоких показателях удельного сопротивления: большинство природных образцов характеризуется величиной 10^{12}–10^{14} Ом·м, хотя встречаются экземпляры с низким уровнем сопротивления (10^{-10}–10^{-2} Ом·м) [3]. Значение акустооптических параметров существенно зависит от особенностей кристаллической структуры материала, включая величины акустооптических коэффициентов p_{11}, p_{12}, p_{44}.

Анализ экспериментальных данных показывает наличие ярко выраженного максимума в зависимости дифракционной эффективности от акустической мощности и длины взаимодействия, свидетельствующего о повышении чувствительности ячейки в области мощностей от 50 до 250 Вт.

Таким образом, широкий спектр свойств и уникальных характеристик обеспечивает возможность эффективного применения алмаза в создании инновационных устройств и технологий.

Ниобат лития ($LiNbO_3$) активно применяется в производстве акустооптических приборов ввиду своих уникальных физических характеристик. Этот сегнетоэлектрик отличается высокими показателями прочности, термоустойчивостью и стабильностью электрических свойств.

Обладает значительной прозрачностью в спектральном диапазоне от 0,25 до 5,3 мкм, что позволяет эффективно применять его в видимом и инфракрасном диапазонах спектра [2].

Фундаментальной особенностью ниобата лития является высокий уровень пьезоэлектрических эффектов, обусловленных наличием анизотропных дефектов и внутренних напряжений в структуре. Данный материал демонстрирует исключительные нелинейно-оптические свойства, обеспечивая высокую эффективность преобразования световых сигналов в электрические и обратно. Важнейшие приложения включают использование в оптических модуляторах, элементах квантово-оптических схем и фильтрах.

Кроме того, важным функциональным аналогом алмаза выступает синтетический корунд (сапфир, Al_2O_3). Сапфир обладает великолепными механическими характеристиками, высокой устойчивостью к воздействию агрессивных сред и температурному режиму вплоть до 1600°C. Характеризуется превосходной оптической прозрачностью в диапазоне от 0,17 до 5,5 мкм, обеспечивающей эффективное прохождение оптических лучей различной природы [1].

Использование современных методов эпитаксии позволило добиться значительных успехов в изготовлении тонкопленочных структур ниобата лития на подложках из сапфира. Такие гибридные системы открывают новые перспективы в развитии компактных высокоэффективных оптико-акустических устройств, позволяющих реализовать управление светом с минимальными энергозатратами и значительным увеличением быстродействия.

Важно подчеркнуть, что дальнейшее развитие нанотехнологий открывает широкие возможности для повышения эксплуатационных качеств функциональных аналогов алмаза, расширяя сферу их применения в новых поколениях высокотехнологичных изделий.

Заключение

Исследование оптических и акустооптических свойств кристаллов алмаза, ниобата лития ($LiNbO_3$) и сапфира (Al_2O_3) выявило специфику каждого материала, определяющую область их предпочтительного применения в акустооптических устройствах. Алмаз характеризуется уникальной комбинацией широкой полосы прозрачности, высокого коэффициента преломления и низкой абсорбции, что делает его оптимальным выбором для мощных и высокотемпературных приложений.

Ниобат лития выделяется среди остальных кристаллов своими пьезоэлектрическими свойствами и высокой эффективностью преобразования электрической энергии в акустические колебания. Эти особенности обеспечивают высокое качество звуковых полей и низкие потери при обработке оптических сигналов, делая ниобат лития доминирующим материалом в устройствах акустооптической модуляции и фильтрации, используемых в телекоммуникациях и научных исследованиях.

Сапфир, обладая высокой твердостью, химической устойчивостью и оптимальной оптической однородностью, играет важную роль в приложениях, где требуются механические прочность и надежность при работе в экстремальных условиях окружающей среды. Несмотря на относительно скромные акустооптические параметры, сапфир находит свое применение в сочетании с другими материалами, образуя композитные системы с улучшенными рабочими характеристиками.

Выбор подходящего кристалла для акустооптических устройств зависит от множества факторов, включая требования к полосе пропускания, динамическому диапазону, надежности и производительности. Тем не менее, именно ниобат лития считается универсальным решением для подавляющего числа задач, поскольку сочетает отличную управляемость световыми сигналами, низкую стоимость производства и хорошие рабочие характеристики в большинстве практических случаев.

Работа выполнена за счет средств Государственного задания №FSFZ-2024-0006.

Список литературы

1. Israa Abdullhasan Abbas, Khalidah H. Al-Mayalee. Structual and optical properties of Al2O3 nanostructures prepared by hot water treatment method / I.A. Abbas, K. H. Al-Mayalee // Journ. RCMA. — 2024. — P. 527–532.

2. Балышева О.Л. Критерии выбора материалов для датчиков на поверхностных акустических волнах / О.Л. Балышева // Датчики и системы. — 2015. — № 2. — С. 23–27.

3. Ковешников С.В. Современное состояние и перспективы развития твердотельной электроники на основе алмаза и алмазоподобных материалов: информ. сообщ. / С.В. Ковешников ; Ин-т проблем технологии микроэлектроники Рос. акад. наук. — Черноголовка, 2018. — 15 с.

УДК 004.65

АРХИТЕКТУРА СИСТЕМЫ С СИТУАЦИОННЫМ УПРАВЛЕНИЕМ В ПРОИЗВОДСТВЕ 5.0

В.Е. Петров, канд. техн. наук, доцент [1, a)]
[1] ФГАОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН», Москва, Российская Федерация
E-mail: [a)] cu58@mail.ru

Аннотация: Ситуационное управление (Situational Management) является не просто инструментом, а краеугольным камнем и обязательным условием для проектирования сложных систем в рамках перспективного технологического

уклада Производства 5.0 как эволюция от Индустрии 4.0, которая фокусировалась на киберфизических системах и автоматизации ("умные фабрики"), то 5.0 ставит в центр человека и его сотрудничество с интеллектуальными системами. Ситуационное управление — это не предписывающий набор правил, а парадигма управления, основанная на постоянном анализе текущей ситуации и адаптации стратегии и тактики под ее уникальные требования.
Ключевые слова: ситуационное управление, киберфизические системы, производственный контур, системный анализ, архитектурные компоненты, казуальные структуры.

ARCHITECTURE OF A SITUATIONAL MANAGEMENT SYSTEM IN PRODUCTION 5.0

V.E. Petrov Candidate of Technical Sciences [1, a)]
[1] Moscow State University of Technology «STANKIN», Moscow, Russia
E-mail: [a)] cu58@mail.ru

Abstract: Situational Management is not just a tool, but a cornerstone and prerequisite for designing complex systems within the framework of the promising technological structure of Production 5.0 as an evolution from Industry 4.0, which focused on cyber-physical systems and automation ("smart factories"), 5.0 puts at the center of man and his cooperation with intelligent systems. Situational management is not a prescriptive set of rules, but a management paradigm based on constant analysis of the current situation and adaptation of strategy and tactics to its unique requirements.
Keywords: situational management, cyberphysical systems, production circuit, system analysis, architectural components, casual structures.

Введение

Когнитивная сложность проектирования систем перспективного технологического уклада (Производства 5.0) детерминирует необходимость применения ситуационного управления как методологического базиса, обеспечивающего адаптивность в условиях онтологической неопределенности и поливариантности технологических ландшафтов. Данный подход представляет собой нелинейную парадигму управления проектированием, где архитектурные решения формируются под воздействием динамического контекста, а не следуют жестким предопределенным алгоритмам.

Основная часть

Ситуационное управление в данном контексте можно определить как *метаметодологию*, оперирующую семантическими моделями ситуаций, возникающих в процессе проектирования. Они характеризуются уникальной конфигурацией факторов, включающей уровень зрелости технологических

компонентов, степень кооперации между киберфизическими системами и человеческими агентами, а также латентные социотехнические взаимосвязи. Управленческое воздействие в такой системе не сводится к выбору из набора альтернатив, а представляет собой синтез принципиально новых управленческих конфигураций, адекватных текущему состоянию проектируемой системы и ее окружения.

Фундаментальным аспектом ситуационного управления становится работа с эмерджентными свойствами сложных систем, которые не могут быть предсказаны на этапе первоначального проектирования. Это требует реализации рекурсивных петель обратной связи, где результаты мониторинга исполнения решений реинтегрируются в когнитивные модели проектировщиков и искусственного интеллекта. Т.о, процесс управления приобретает черты рефлексивной системы, способной к метаадаптации – изменению собственных принципов адаптации в ответ на трансформацию внешней среды.

Особую значимость приобретает *временная размерность* ситуационного управления. В отличие от традиционных подходов, ориентированных на реактивное или проактивное управление, в контексте Производства 5.0 формируется *симультанная* модель, где управленческие воздействия осуществляются в режиме, приближенном к реальному времени, на основе предиктивных аналитических моделей и цифровых двойников. Это позволяет осуществлять опережающую адаптацию архитектуры системы к еще не наступившим, но вероятным изменениям технологической среды.

Каузальная структура ситуационного управления в проектировании сложных систем основывается не на линейных причинно-следственных связях, а на распознавании и использовании сетевых паттернов взаимовлияния между технологическими, социальными и экономическими факторами. Это требует разработки специальных онтологий, способных формализовать многомерные зависимости и обеспечить смысловую интероперабельность между различными доменами проектируемой системы.

Синтез модели ситуационного управления для проектирования сложных систем в контексте Производства 5.0 требует реализации *полиморфной архитектуры*, основанной на принципах рекурсивной ко-адаптации киберфизических компонентов и человеческого интеллекта. Ядром такой архитектуры выступает динамическая семантическая сеть, оперирующая не статическими онтологиями, а живыми концептуальными каркасами, способными к реконфигурации в процессе интерпретации emergent-ситуаций.

Функционирование модели обеспечивается тремя взаимопроникающими контурами регуляции:

– Когнитивный контур осуществляет непрерывный мониторинг проектной среды через распределенную систему сенсоров и семантических анализаторов, выявляя нарождающиеся паттерны и аномалии.

– Адаптационный контур трансформирует выявленные паттерны в корректировки архитектурных решений, используя для этого библиотеку прескриптивных моделей и механизмы прогнозной аналитики.

– ***Мета-адаптационный*** контур рефлексивно оценивает эффективность работы первых двух контуров, перестраивая их логику и параметры в ответ на фундаментальные сдвиги в технологической парадигме.

Критическим элементом модели является механизм темпоральной компрессии, позволяющий согласовывать разнородные временные режимы функционирования подсистем. Этот механизм обеспечивает синхронизацию между высокочастотными циклами обработки данных киберфизическими компонентами и низкочастотными процессами стратегического осмысления, осуществляемыми человеческими проектировщиками. Темпоральная компрессия создает условия для возникновения резонансных эффектов, когда управленческие воздействия, генерируемые в разных временных масштабах, взаимно усиливают друг друга.

Коммуникативная среда модели строится на принципах семантической интероперабельности, обеспечивающей взаимопонимание между агентами с различными когнитивными моделями. Эта среда поддерживает не просто обмен данными, а трансляцию смыслов и контекстов, что позволяет системе сохранять целостность при постоянной реконфигурации своих компонентов.

Управленческие решения в такой модели возникают не как результат детерминированного выбора из набора альтернатив, а как продукт синергетического взаимодействия между искусственным и человеческим интеллектом. Этот процесс характеризуется непрерывным уточнением и переосмыслением как проблемного поля, так и критериев эффективности решений. Т. о., проектирование превращается в перманентный эксперимент, где каждый управленческий акт одновременно является и воздействием на систему, и источником нового знания о ее природе.

Модель завершается механизмом эволюционного обучения, который накапливает и обобщает опыт управления в различных ситуациях, формируя постоянно растущую базу прецедентов. Эта база служит не хранилищем готовых решений, а источником *мета-знаний о принципах эффективного управления в условиях неопределенности*, обеспечивая постоянное развитие самой системы ситуационного управления.

Модель рефлексивно-адаптивного ситуационного управления проектированием сложных систем Производства 5.0 функционирует как *полиморфный киберфизический организм*, интегрирующий три взаимодополняющих контура управления, образующих единую динамическую архитектуру. *Эпистемический контур* формирует семантическое поле проекта через непрерывную интерпретацию данных от распределенных сенсоров и цифровых двойников. Его ядром выступает когнитивный модуль, осуществляющий нелинейную агрегацию информационных потоков из физического, виртуального и социального пространств. Модуль выявляет латентные корреляции между технологическими параметрами, производственными процессами и человеко-машинными взаимодействиями, трансформируя их в прогнозные сценарии развития проектной ситуации.

Критической функцией контура является распознавание emergent-паттернов, сигнализирующих о фазовых переходах в системе.

Ко-эволюционный контур обеспечивает динамическую балансировку между инновационной агрессией и операционной стабильностью. Его работа основана на принципе семантического резонанса, при котором управленческие воздействия возникают как продукт интерференции между предиктивными моделями и актуальным состоянием проектируемой системы. Контур генерирует не директивные предписания, а поле управленческих возможностей, где каждое решение представляет собой суперпозицию альтернативных траекторий развития. Это позволяет системе сохранять вариативность при движении к целевым ориентирам.

Мета-адаптационный контур осуществляет рефлексивное наблюдение за всей архитектурой управления, оценивая эффективность применяемых когнитивных схем и управленческих практик. При накоплении системных дисфункций контур инициирует пересмотр базовых онтологий и принципов принятия решений, обеспечивая эволюционную пластичность системы. Его ключевой особенностью является способность к концептуальным инновациям – радикальному переосмыслению природы проектных задач и критериев их успешности.

Временная организация модели основана на принципе полихронической суперпозиции, где оперативные корректировки, тактические маневры и стратегические ориентиры сосуществуют в едином темпоральном континууме. Это достигается через механизм темпоральной компрессии, синхронизирующий разнородные ритмы функционирования подсистем.

Коммуникативная среда модели представляет собой семиотический гиперграф, где узлами выступают не только формальные агенты, но и концепты, артефакты и контексты. Взаимодействие в этой среде происходит через непрерывный обмен не только данными, но и смысловыми конструктами, что обеспечивает глубокую семантическую интероперабельность между всеми участниками проектирования.

Таким образом, предложенная модель реализует принцип *антихрупкого управления*, где внешние возмущения и внутренние противоречия не подавляются, а трансформируются в ресурсы развития, обеспечивая эмерджентный рост системной сложности и адаптационного потенциала проектируемой системы.

Заключение

Ситуационное управление в проектировании систем Производства 5.0 представляет собой эволюционно сложившуюся форму киберфизического управления, интегрирующую когнитивные способности человека с вычислительной мощью искусственного интеллекта для создания адаптивных, устойчивых и антихрупких производственных экосистем, способных к непрерывной самореорганизации в условиях перманентной технологической турбулентности.

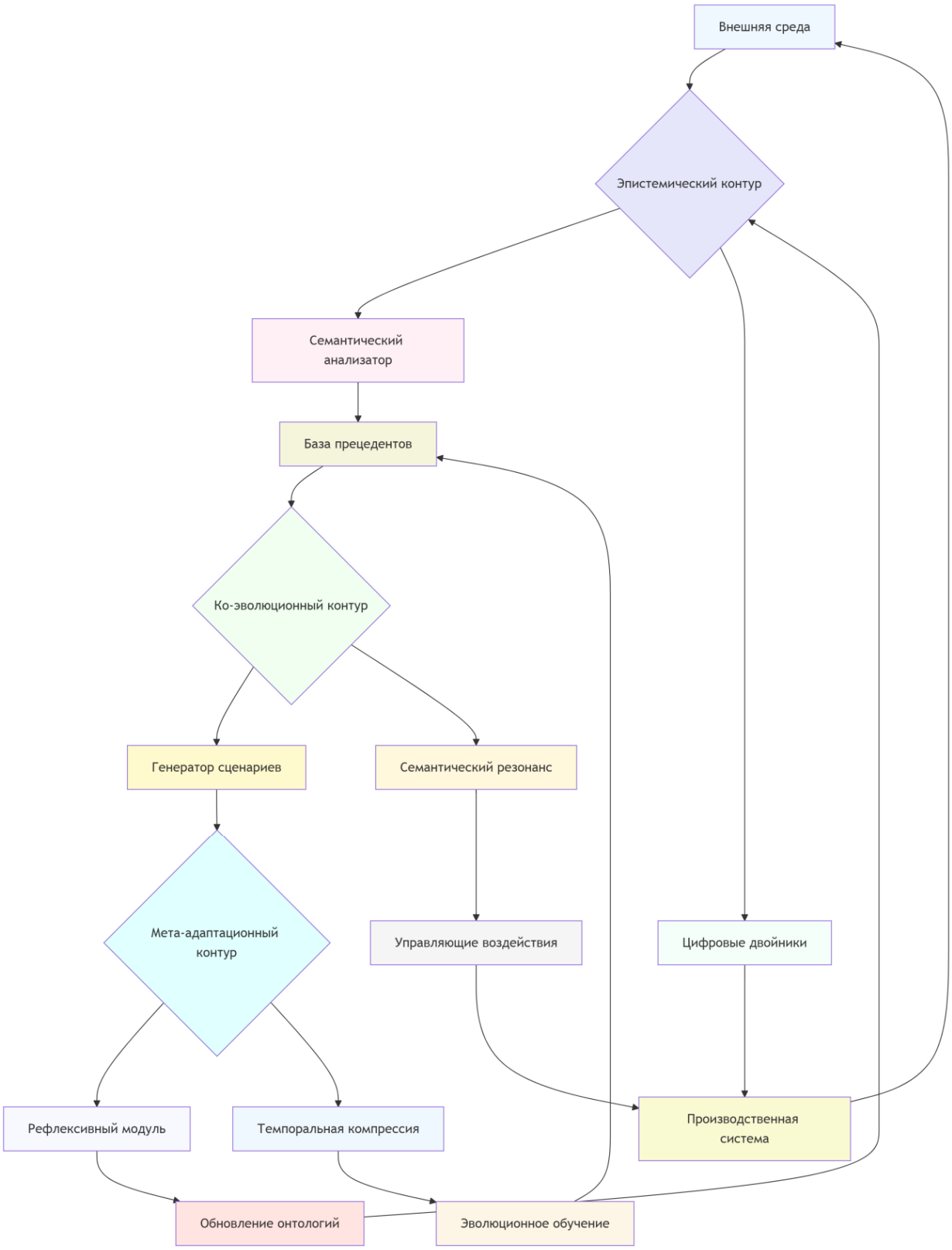


Рис. 1. Полиморфная архитектура модели ситуационного управления

Таким образом, модель ситуационного управления эволюционирует от реактивной парадигмы к проактивно-симуляционной, где управляющие воздействия формируются на основе предсказания траекторий развития

ситуаций, а не только реакции на уже состоявшиеся события. Это позволяет системе проектирования не просто адаптироваться к изменениям, а активно формировать желаемые конфигурации технологического ландшафта, осуществляя опережающее проектирование будущего.

Ситуационное управление в проектировании сложных систем для Производства 5.0 — это переход от "запрограммированной" фабрики к "живой" и "учащейся" экосистеме. Оно признает, что мир сложен и непредсказуем, и вместо того, чтобы пытаться предугадать все заранее, создает системы, способные понимать контекст, учиться на опыте и адаптироваться в режиме реального времени в тесном сотрудничестве с человеком. Без этой парадигмы достичь целей человеко-ориентированного, устойчивого и гибкого Производства 5.0 будет невозможно.

Список литературы

1. Ахмеев Г.Н. Системный анализ эффективности промышленного производства: учеб.пособие / Чуваш. ун-т. им. И.Н. Ульянова. Чебоксары, 1981. – 64 с.

2. Поспелов Д.А. Ситуационное управление – теория и практика. М.: Наука. 1986. – 288 с.

3. Деминг, Э. Выход из кризиса: новая парадигма управления людьми, системами и процессами. М.: Альпина Букс, 2007. – 370 с.

4. Богатко А.Н. Система управления развитием предприятия. М.: Финансы и статистика, 2013. – 240 с.

5. Вертакова Ю.В. Управленческие решения: разработка и выбор. М.: КноРус, 2019. – 392 с.

6. Aning J., George P.G., Enoch N.A. Predicting the Remaining Lifetime of Transformers // American Journal of Engineering. 2020. Vol. 8. P. 627-638

7. Ho J.K.W., Hoorn J.F. Quantum affective processes for decision-making // Scientific Reports. 2022. Vol. 12. Article 22855.

УДК 001.895; 338.24.01

СЕТЕВАЯ ПАРАДИГМА ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ

В.А. Шиболденков, канд. эконом. наук, доцент [1, a)]
[1] МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва, Российская Федерация
E-mail: [a)] vshiboldenkov@bmstu.ru

Аннотация: Статья обосновывает становление сетевой парадигмы как методологического фундамента цифровой экономики, где индивидуальные гибридные агенты, достигшие корпоративной производительности через симбиоз с ИИ, формируют новую экономическую реальность, детерминируемую топологией взаимодействий, а не традиционными факторами

производства. В работе предлагается концепция сетевого капитала и динамической матрицы связанности, требующая пересмотра классического экономического моделирования и формирования новой регуляторной политики, ориентированной на архитектуру сетевых взаимодействий.
Ключевые слова: цифровая экономика, шестой технологический уклад, гибридные агенты, сетевой капитал, сетевая матрица связанности, эмерджентная производительность, сетевая парадигма.

THE NETWORK PARADIGM OF THE DIGITAL ECONOMY

V.A. Shiboldenkov [1, a)]
[1] Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation
E-mail: [a)] vshiboldenkov@bmstu.ru

Abstract: The article substantiates the formation of the network paradigm as the methodological foundation of the digital economy, where individual hybrid agents who have achieved corporate productivity through symbiosis with AI form a new economic reality determined by the topology of interactions rather than traditional factors of production. The paper proposes a concept of network capital and a dynamic connectivity matrix that requires a revision of classical economic modeling and the formation of a new regulatory policy focused on the architecture of network interactions.
Keywords: digital economy, sixth technological order, hybrid agents, network capital, network connectivity matrix, emergent productivity, network paradigm.

Введение

Современный этап характеризуется возникновением в цифровой экономике принципиально нового типа экономического субъекта — индивидуального гибридного агента (нанопредприятия), достигающего корпоративного уровня производительности за счет симбиоза с технологиями искусственного интеллекта при минимальном размере фирмы и постоянном найме. Формирование сложных сетевых структур, узлами которых выступают индивидуальные гибридные агенты, знаменует становление новой экономической реальности. Актуальность исследования данного феномена обусловлена его соответствием ядру формирующегося шестого технологического уклада и фундаментальным вызовом, который он бросает классическим экономическим теориям фирмы и роста. Существующая научная проблема заключается в глубоком разрыве между устаревшими аналитическими моделями, опирающимися на традиционные факторы производства, и новой парадигмой, где производительность агента эмерджентно возникает из его позиции в сети и качества симбиоза с искусственным интеллектом.

Целью данного исследования является разработка концепции теоретической модели, описывающих сетевую динамику производительности гибридных агентов как основного механизма создания стоимости. Центральная

гипотеза утверждает, что ключевым фактором, мультиплицирующим производительность, выступает не внутренний капитал агента, а его сетевое положение, формализуемое через топологические метрики и интенсивность алгоритмически опосредованных взаимодействий.

Основные положения

Цифровая экономика представляет собой не просто сектор, основанный на информационных технологиях, а принципиально новую хозяйственную систему, ядро которой составляет сложная сеть взаимодействий между автономными гибридными агентами. Эти агенты, будучи минимальными по размеру, достигают корпоративной производительности за счет симбиоза человеческого интеллекта с алгоритмическими системами искусственного интеллекта, что делает их базовой производственной единицей шестого технологического уклада. Данный феномен знаменует собой переход от иерархической организации индустриальной эпохи к гетерогенной и динамичной сетевой архитектуре, где ценность создается не внутри фирм, а на стыках взаимодействий в графе.

Ключевым отличием новой парадигмы является то, что производительность и экономическая значимость агента определяются не объемом его внутреннего капитала, а его позицией и ролью в сетевой структуре. Такие топологические метрики, как центральность, посредничество и коэффициент кластеризации, становятся количественными мерами его доступа к ресурсам, информации и возможностям для кооперации. Таким образом, сетевой капитал, формализуемый как функция от этих метрик и качества связей, превращается в критический фактор производства, мультиплицирующий отдачу от традиционных активов.

Экономические модели, адекватные данной парадигме, требуют перехода от линейных уравнений, описывающих взаимозаменяемость труда и капитала, к нелинейным динамическим системам. Производственная функция агента трансформируется, включая в качестве ключевых аргументов симбиотический человеческий капитал, данные и сетевой капитал. Межотраслевой баланс Леонтьева замещается сетевой матрицей связанности – динамическим мультиграфом, отражающим многомерные потоки данных, алгоритмических сервисов и финансов, а мультипликативный эффект рассчитывается через модели распространения возмущений в этой сети.

Сетевые эффекты в такой системе носят нелинейный и каскадный характер, подчиняясь логике эпидемического или диффузионного распространения. Ценность платформы или технологии растет нелинейно с увеличением числа связанных агентов, что создает петли положительной обратной связи и порождает новые формы рыночной власти, основанной не на размере, а на контроле над сетевыми узлами и протоколами взаимодействия, что приводит к эмерджентным макроэкономическим последствиям, когда совокупный рост становится результатом сложного взаимодействия в сети, а не суммой индивидуальных выпусков.

С методологической точки зрения исследование данной парадигмы требует применения аппарата теории графов, агентного моделирования и анализа нелинейных динамических систем. Ключевой метрикой эффективности на макроуровне становится не валовой внутренний продукт в его традиционном понимании, а устойчивость, связанность и инновационная пропускная способность сетевой структуры, а также скорость диффузии технологий и знаний по ее каналам.

В нормативном плане сетевая парадигма ставит сложные вопросы перед экономической политикой и регулированием, которые более не могут фокусироваться исключительно на традиционных субъектах рынка. Регуляторный фокус должен сместиться на обеспечение открытости сетевых протоколов, интероперабельности платформ, защиты данных как актива децентрализованных агентов и минимизации негативных сетевых экстерналий, таких как киберриски или усиление цифрового неравенства, детерминированного топологией связности.

Результаты

Основным теоретическим результатом является концептуализация индивидуального гибридного агента как новой базовой единицы экономического анализа в рамках формирующегося шестого технологического уклада. Доказано, что его производственная функция принципиально отличается от классических моделей, поскольку ключевыми аргументами в ней выступают симбиотический человеческий капитал (способность к эффективному взаимодействию с ИИ), данные и сетевой капитал, что приводит к качественно иным траекториям роста производительности.

Разработана и формализована концепция сетевого капитала как критического производственного фактора. Показано, что его величина и эффективность определяются не внутренними ресурсами агента, а его позицией в сложной сети взаимодействий, описываемой топологическими метриками — центральностью, посредничеством и кластеризацией, что подтверждает гипотезу о том, что в цифровой экономике доступ к потокам информации и координации становится более значимым, чем владение материальными активами.

В результате исследования предложена новая аналитическая модель — динамическая сетевая матрица связанности, пришедшая на смену статичному межотраслевому балансу Леонтьева. Данная матрица, представляемая как взвешенный мультиграф, позволяет описывать многомерные потоки (данные, алгоритмы, финансы) между гетерогенными агентами и рассчитывать нелинейные мультипликативные эффекты на основе моделей распространения возмущений в сети.

Эмпирическим следствием работы является вывод о переходе макроэкономической динамики от принципа аддитивности к эмерджентности. Совокупный экономический рост в сетевой парадигме не является суммой индивидуальных выпусков, а возникает как свойство всей сетевой структуры,

определяемое ее связанностью, устойчивостью и пропускной способностью для диффузии инноваций, что требует пересмотра традиционных систем национальных счетов.

С методологической точки зрения доказана необходимость и предложен конкретный инструментарий для перехода от анализа равновесных состояний к изучению нелинейной динамики сложных сетей. В качестве адекватного аппарата рекомендованы теория графов, агентное моделирование и анализ каскадных процессов, позволяющие прогнозировать системные риски и точки роста.

Наконец, сформулированы принципы для новой регуляторной политики, фокусирующейся не на отдельных субъектах, а на архитектуре сетевых взаимодействий. Ключевыми направлениями определены обеспечение интероперабельности платформ, управление сетевыми экстерналиями (кибербезопасность, цифровое неравенство) и развитие цифровой инфраструктуры как общественного блага, что создает условия для реализации производительного потенциала гибридных агентов без усиления структурных диспропорций.

Обсуждение

Предложенная сетевая парадигма принципиально переосмысливает экономическую теорию фирмы и производства, смещая фокус с изолированных агентов, оптимизирующих внутренние ресурсы, на анализ конфигураций связей, генерирующих эмерджентную производительность, что ставит под сомнение универсальность неоклассического инструментария и требует построения новой теоретической онтологии, где понятия равновесия, рациональности и максимизации прибыли должны быть пересмотрены с учетом топологической детерминированности экономических действий и сетевых экстерналий.

Метологическим ограничением исследования остается операционализация ключевых концептов, таких как «симбиотический человеческий капитал» или «сетевой капитал», для эмпирического измерения. Хотя топологические метрики предлагают количественный аппарат, их корреляция с экономическими результатами требует верификации на больших массивах данных о реальных взаимодействиях между гибридными агентами, что осложнено коммерческой и персональной конфиденциальностью таких сетевых данных.

Критическим вопросом для макроэкономического моделирования становится проблема агрегирования. Если микроуровень описывается нелинейной сетевой динамикой, то переход к макроуровню через простое суммирование невозможен, что требует развития нового класса агент-ориентированных и сетевых моделей общего равновесия, способных воспроизводить эмерджентные свойства системы, такие как каскадные кризисы или волны инноваций, не заложенные в поведение отдельных агентов.

Социально-экономические последствия парадигмы носят двойственный характер. С одной стороны, она декларирует демократизацию доступа к

производительным силам, а с другой — создает риск нового, алгоритмически опосредованного неравенства, основанного не на владении средствами производства, а на качестве сетевой позиции и доступе к эксклюзивным платформам и данным, что формирует вызов для социальной политики, ориентированной на традиционные формы занятости и перераспределения.

Парадоксальным следствием анализа является констатация одновременного сосуществования разных технологических укладов и, соответственно, разных экономических логик и технико-экономических режимов. Гибридный агент действует по законам сетевой парадигмы, в то время как значительная часть институтов, инфраструктуры и регуляторных норм остается укорененной в логике четвертого или пятого укладов, что порождает системные трения и институциональные ловушки, замедляющие трансформацию.

Заключение

В заключение, принятие сетевой парадигмы в качестве аналитического фундамента для цифровой экономики влечет за собой не только академические, но и глубокие практические последствия. Это касается пересмотра системы национального счетоводства, перестройки антимонопольного регулирования, нацеленного теперь на контроль над сетевыми эффектами и данными, а также формирования образовательных стратегий, направленных на воспитание не узких специалистов, а «сетевых инженеров-экономистов», способных проектировать и занимать центральные позиции в эмерджентных цифровых экосистемах.

Таким образом, сетевая парадигма представляет собой не просто новую модель анализа, а фундаментальный сдвиг в понимании экономической организации на этапе шестого технологического уклада. Она демонстрирует, что источником стоимости и роста становится не накопление традиционных факторов, а конфигурация связей между гибридными агентами, где сетевое положение и способность к алгоритмической кооперации выступают первичными детерминантами производительности, что требует перестройки основного корпуса экономической теории, ее категориального аппарата и методов моделирования в сторону анализа нелинейной динамики сложных систем.

Перспективы дальнейших исследований лежат в трех плоскостях: методологической, эмпирической и нормативной.

В методологическом ключе необходима разработка формализованного метрического аппарата для оценки сетевого капитала и его интеграции в производственные функции, а также создание агент-ориентированных моделей, способных воспроизводить эмерджентные макроэкономические эффекты.

Эмпирическая повестка требует преодоления дефицита данных для количественной верификации теоретических построений через анализ реальных сетей взаимодействий на цифровых платформах.

В нормативной сфере центральной задачей становится разработка принципов «сетевого регулирования», направленного на обеспечение интероперабельности, минимизацию негативных экстерналий и предотвращение новой формы неравенства, основанного на асимметрии доступа к сетевым ресурсам и алгоритмическим инструментариям.

Список литературы

1. Drogovoz P.A., Kashevarova N.A., Dadonov V.A., Sadovskaya T.G., Trusevich M.K. Industry 4.0 in Russia: Digital Transformation of Economic Sectors // Industry 4.0 in SMEs Across the Globe: Drivers, Barriers, and Opportunities / edited by J.M. Müller, N. Kazantsev. Boca Raton: CRC Press, 2021. P. 195-211. DOI: https://doi.org/10.1201/9781003165880-15.

2. Fabri L., Häckel B., Oberländer A., Rieg M., Stohr, A. (2023). Disentangling Human-AI Hybrids. Business & Information Systems Engineering, 65, 623-641. https://doi.org/10.1007/s12599-023-00810-1.

3. Gong, Y., Zhang, Y., & Dong, L. (2025). Numerical simulation and governance framework for multi stakeholder symbiotic evolution in digital innovation ecosystems. Scientific Reports, 15. https://doi.org/10.1038/s41598-025-09027-6.

4. Liu E., Tsyvinski A. (2024). A Dynamic Model of Input-Output Networks. Review of Economic Studies. https://doi.org/10.1093/restud/rdae012.

5. Hu, J., Huo, D., & Wu, D. (2024). Digital economy development and venture capital networks: Empirical evidence from China. Technological Forecasting and Social Change. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2024.123338.

Секция 2

МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ, ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И КОМПЬЮТЕРНАЯ ЛИНГВИСТИКА

Section 2

MACHINE LEARNING, ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND COMPUTATIONAL LINGUISTICS

УДК 004.94

МУЛЬТИФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ ИИ-ЗРЕЛОСТИ РОССИЙСКИХ ПУБЛИЧНЫХ КОМПАНИЙ: МЕТОДОЛОГИЯ ПОСТРОЕНИЯ КОМПОЗИТНОГО ИНДЕКСА

Д.И. Власов, аспирант [1, a)]
[1] МФПУ «Синергия», Москва, Российская Федерация
E-mail: [a)] yablokoff.tlt@gmail.com,

Аннотация: в работе представлен алгоритм оценки зрелости технологий искусственного интеллекта в топ-30 российских компаний (2023–2024). Авторская методология базируется на триангуляции открытых данных: количественном анализе рынка труда (доля AI-вакансий), наукометрических показателях (R&D публикации) и семантическом анализе корпоративной отчетности. Результаты исследования выявляют значительный разрыв между декларируемыми стратегиями и реальным кадровым потенциалом в промышленном секторе. Предложенный композитный индекс служит инструментом верификации цифрового развития бизнеса.
Ключевые слова: искусственный интеллект, машинное обучение, HR-аналитика, наукометрия, российские публичные компании, цифровая трансформация, рынок труда IT, рейтинг зрелости, R&D, человеческий капитал.

MULTI-FACTOR ANALYSIS OF AI MATURITY IN RUSSIAN PUBLIC COMPANIES: A METHODOLOGY FOR BUILDING A COMPOSITE INDEX

D.I. Vlasov [1, a)]
[1] Moscow Financial and Industrial University "Synergy", Moscow, Russia
E-mail: [a)] yablokoff.tlt@gmail.com,

Abstract: This paper presents an algorithm for assessing Artificial Intelligence maturity within Russia's top 30 companies (2023–2024). The proposed methodology relies on data triangulation: quantitative labor market analysis (share of AI vacancies), scientometrics (R&D output), and semantic analysis of corporate reporting. The findings reveal a significant gap between declared strategies and actual human capital potential in the industrial sector. The resulting composite index serves as a tool for verifying real-world digital adoption in business.
Keywords: Artificial Intelligence, Machine Learning, HR Analytics, Russian Public Companies, Digital Transformation, IT Labor Market, Maturity Index, R&D, Human Capital.

Введение

В 2023–2025 годах ИИ трансформировался из экспериментального направления в фундаментальный фактор экономической устойчивости. Для российских компаний внедрение ML-решений критично, однако возникает проблема верификации: насколько декларации менеджмента о цифровизации соответствуют реальному потенциалу организаций.

Существующие глобальные метрики, такие как отчет Stanford HAI [1], сфокусированы на макроуровне стран и трудно применимы для анализа корпораций, особенно в условиях закрытости данных.

С теоретической точки зрения внедрение ИИ – это накопление «нематериального капитала». Э. Бриньолфсон отмечает «парадокс производительности» [2]: технологии неэффективны без сопутствующих вложений в человеческий капитал. Следовательно, оценка зрелости только по финансовым отчетам некорректна — необходимы опережающие индикаторы качества персонала и научной активности.

Специфика рынка РФ заключается в высокой концентрации компетенций у лидеров (платформы, банки) при отставании реального сектора [3]. В условиях санкционного ограничения раскрытия информации традиционные методы оценки теряют эффективность.

Цель работы – разработка воспроизводимой OSINT-методики оценки ИИ-зрелости бизнеса. Подход базируется на триангуляции трех метрик: интенсивности найма (HR), публикационной активности (инновации) и семантического анализа стратегий. Это позволяет сформировать композитный индекс, отражающий реальную способность топ-30 компаний внедрять технологии искусственного интеллекта.

Методы

В условиях высокой асимметрии информации и ограниченного раскрытия корпоративной отчетности российскими компаниями в 2023–2024 годах, применение традиционных методов оценки цифровой зрелости (основанных на анкетировании или прямом анализе инвестиций в IT) представляется нерепрезентативным.

Для обеспечения объективности и верифицируемости результатов в данной работе применен метод триангуляции данных открытых источников (OSINT). Концептуальная рамка исследования базируется на гипотезе, что реальная зрелость технологий искусственного интеллекта (ИИ) в компании является производной от трех наблюдаемых факторов:

1. **Человеческий капитал:** наличие и концентрация профильных специалистов (Data Scientists, ML Engineers).
2. **Интеллектуальный капитал:** способность создавать собственные технологии (R&D), подтвержденная научными публикациями.
3. **Стратегический дискурс:** степень интеграции ИИ-повестки в официальную стратегию развития.

В выборку исследования вошли 30 крупнейших публичных и квази-публичных компаний России. Первичный отбор осуществлялся на основе рейтинга по выручке (RAEX-600) по итогам 2023 финансового года.

Критерии включения в итоговый список:

– Наличие публично торгуемых инструментов или статус системообразующего предприятия.

– Присутствие в штатной структуре IT-подразделений или дочерних IT-компаний.

– Доступность цифровых следов в агрегаторах вакансий и библиографических базах за отчетный период.

Для расчета композитного индекса была разработана система из трех субиндексов. Сбор данных осуществлялся автоматизированным способом (с использованием скриптов на языке Python) в период с января 2023 по декабрь 2024 года.

Субиндекс человеческого капитала (I_{Talent}). Данный показатель оценивает «плотность талантов» в сфере ИИ. В качестве источника данных использовалась платформа HeadHunter (hh.ru). Для нивелирования эффекта масштаба, используется не абсолютное количество вакансий, а их доля в общем потоке IT-найма.

Алгоритм расчета:

1. Запрос N_{IT}: общее количество активных и архивных вакансий компании за период в профессиональной области «Информационные технологии». Учитывались вакансии как материнской компании, так и известных IT-дочек (например, для ПАО «МТС» учитывались вакансии MTS AI, MTS Digital).

2. Запрос N_{AI}: количество вакансий, содержащих ключевые маркеры компетенций в сфере ИИ. Был использован поисковый запрос: ("Machine Learning" OR "Data Science" OR "NLP" OR "Computer Vision" OR "CV" OR "Neural Networks" OR "PyTorch" OR "TensorFlow" OR "LLM").

3. Фильтрация шума: из выборки N_{AI} исключались вакансии с названиями «Data Analyst» без упоминания ML-библиотек, чтобы отделить специалистов по BI/Excel от разработчиков ИИ.

Формула субиндекса:

$$I_{Talent} = \frac{N_{AI}}{N_{IT}}$$

Субиндекс инновационной активности (I_{Inno}). Показатель отражает способность компании генерировать новое знание, а не только потреблять готовые вендорские решения. В качестве источников использовались базы научного цитирования eLibrary (РИНЦ) и Google Scholar.

Производился поиск научных статей и материалов конференций за 2023–2024 гг, где в поле «Аффилиация» (Affiliation) указано название компании, а в метаданных (название, аннотация, ключевые слова) присутствуют термины: *«нейронные сети», «искусственный интеллект», «машинное обучение», «LLM», «генеративные модели»*. Формула субиндекса:

$$I_{Inno} = \ln(1 + N_{Pubs})$$

Субиндекс стратегического дискурса (*IStrat*). Оценивает внимание менеджмента к технологиям ИИ. Источником служили Годовые отчеты (Annual Reports) и Отчеты об устойчивом развитии (ESG) за 2023 год. Метод контент-анализа (TF-IDF) подсчитывает относительную частоту упоминания терминов *«Искусственный интеллект»* и *«Машинное обучение»* на одну страницу значимого текста (исключая финансовые таблицы и приложения).

Поскольку полученные метрики имеют разные размерности (проценты, натуральные числа, частоты), была проведена процедура Min-Max нормализации для приведения всех показателей к шкале [0,1].

Финальный **AI Index** рассчитывается как взвешенная сумма нормализованных показателей. Веса распределены на основе экспертной оценки значимости факторов для реального (а не бумажного) внедрения технологий:

$$\text{AI Index}_i = (w_1 \cdot I_{Talent}^{norm}) + (w_2 \cdot I_{Inno}^{norm}) + (w_3 \cdot I_{Strat}^{norm})$$

где весовые коэффициенты составляют:

- $\omega_1 = 0.5$ (человеческий капитал): принят как наиболее критичный ресурс. Без профильных специалистов наличие стратегий и публикаций невозможно;
- $\omega_2 = 0.3$ (инновации): подтверждает наличие внутренней экспертизы;
- $\omega_3 = 0.2$ (стратегия): демонстрирует политическую волю менеджмента, но имеет наименьший вес из-за риска декларативности.

Итоговое значение индекса масштабируется до 100 баллов для удобства интерпретации.

Результаты

По итогам расчета композитного индекса была сформирована иерархическая модель ИИ-зрелости топ-30 российских компаний. Лидерство прогнозируемо удержали экосистемные игроки: Сбер (97.5 баллов), Яндекс (89.0) и Т-Банк (Тинькофф) (84.2), сформировавшие «Тир-1» (Tier-1).

Однако детальный анализ субиндексов позволил выявить два неочевидных структурных феномена, характеризующих текущее состояние рынка:

1. Феномен «Стратегического пузыря» в реальном секторе.

Корреляционный анализ показал слабую связь между частотой упоминания ИИ в корпоративных отчетах и плотностью найма профильных специалистов среди компаний промышленного сектора. Вывод: ряд крупных холдингов с государственным участием демонстрируют высокие показатели «дискурсивной активности» (частое декларирование приверженности цифровизации в отчетах), которые не подкрепляются соответствующей динамикой на рынке труда. Это указывает на риск «AI-washing» – имитации технологического лидерства для удовлетворения регуляторных требований без реального наращивания внутреннего человеческого капитала.

2. Институциональная поляризация R&D.

Вопреки ожиданиям о равномерном распределении инноваций, субиндекс инноваций выявил бинарную структуру рынка. 92% всей научной активности (публикации, патенты) приходится на топ-3 компании рейтинга. Вывод: «средний класс» российского бизнеса, обладая значительными бюджетами и штатом, практически полностью отказался от создания собственных фундаментальных технологий, перейдя на модель «квалифицированного потребления». Они эффективно внедряют прикладные решения, но не вносят вклад в развитие научного базиса, что создает долгосрочные риски технологической зависимости от узкой группы вендоров (даже внутрироссийских).

Заключение

В данной работе была апробирована методология оценки ИИ-зрелости корпораций на основе триангуляции открытых данных (OSINT). Предложенный подход доказал свою эффективность в условиях ограниченного раскрытия финансовой информации, позволив верифицировать реальный технологический статус крупнейших игроков экономики РФ.

Результаты исследования подтверждают тезис о глубоком цифровом неравенстве. Рынок четко сегментирован на узкую группу технологических доноров («AI-суперсилы»), создающих базовые модели, и широкий круг реципиентов, чья зрелость ограничивается прикладным внедрением. Дальнейшие исследования могут быть направлены на расширение выборки за пределы публичных компаний и включение в анализ метрик open-source активности.

Список литературы

1. Maslej, N., Fattorini, L., Brynjolfsson, E., et al. (2024). The AI Index 2024 Annual Report. AI Index Steering Committee, Institute for Human-Centered AI, Stanford University.

2. Brynjolfsson, E., Rock, D., & Syverson, C. (2018). Artificial Intelligence and the Modern Productivity Paradox: A Clash of Expectations and Statistics. NBER Working Paper No. 24001. National Bureau of Economic Research.

3. Мехоношина М., Аналитический отчет «Итоги 2023 года на ИИ-рынке России», подготовленный Smart Ranking (ИИ-рынок 2023, Smart Ranking).

УДК 621.391.164

ОБНАРУЖЕНИЕ ДОЖДЯ ПО ВИДЕОИЗОБРАЖЕНИЯМ В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ И ОХРАННЫХ СИСТЕМАХ

В.А. Иванов студент [1, а)],
Ю.П. Михайлюк, канд. техн. наук [1, б)],
Д.В. Начаров, канд. техн. наук [1, в)]
[1] ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,
Севастополь, Россия
E-mail: [а)] 1122334455vlad@mail.ru, [б)] ypmikhaylyuk@sevsu.ru,
[в)] d.v.nacharov@mail.sevsu.ru

Аннотация: Представлена разработка алгоритма обнаружения дождя по телевизионным изображениям с использованием искусственной нейронной сети, интегрируемой в системы видеонаблюдения и инфокоммуникационные сети обеспечения безопасности. Обоснован выбор предобученной сверточной сети VGG-16 с модификацией выходного слоя для бинарной классификации. Обучение проведено на синтетических данных. Точность обнаружения по метрике Accuracy на тестовой выборке — 90,5 %. Результаты подтверждают применимость подхода для автоматизированного мониторинга метеоусловий в реальном времени, повышения безопасности транспортных и инфраструктурных объектов.
Ключевые слова: телевидение, видеонаблюдение, обработка изображений, телекоммуникации, искусственные нейронные сети, дождь, обработка сигналов.

RAIN DETECTION BASED ON VIDEO IMAGES IN TELECOMMUNICATION AND SECURITY SYSTEMS

V.A. Ivanov [1, a)], **Yu.P. Mickhayluck**, [1, b)] , **D.V. Nacharov** [1, c)]
[1] Sevastopol State University, Sevastopol, Russian Federation
E-mail: [a)] 1122334455vlad@mail.ru, [b)] ypmikhaylyuk@sevsu.ru,
[c)] d.v.nacharov@mail.sevsu.ru

Abstract: The development of an algorithm for rain detection in television images using an artificial neural network integrable into video surveillance systems and infocommunication networks for security is presented. The choice of the pre-trained convolutional network VGG-16 with modification of the output layer for binary classification is justified. Training was conducted on synthetic data. Detection accuracy by the Accuracy metric on the test sample is 90.5%. The results confirm the applicability of the approach for real-time automated monitoring of weather conditions and enhanced safety of transport and infrastructure facilities.
Keywords: television, video surveillance, image processing, telecommunications, artificial neural networks, rain, signal processing.

Введение

Анализ атмосферных условий играет ключевую роль в обеспечении безопасности транспортных потоков, инфраструктуры и предотвращении чрезвычайных ситуаций [1]. Интеграция инфокоммуникационных технологий с системами видеонаблюдения позволяет оперативно фиксировать метеоявления, такие как дождь, используя существующие каналы передачи данных. Это повышает автоматизацию мониторинга и скорость реагирования на угрозы.

Цель — разработка алгоритма обнаружения дождя по телевизионным изображениям как этапа оценки интенсивности осадков. Задача сводится к бинарной классификации («дождь есть» / «дождя нет») с применением сверточных искусственных нейронных сетей (ИНС), интегрируемых в инфокоммуникационные системы безопасности [3].

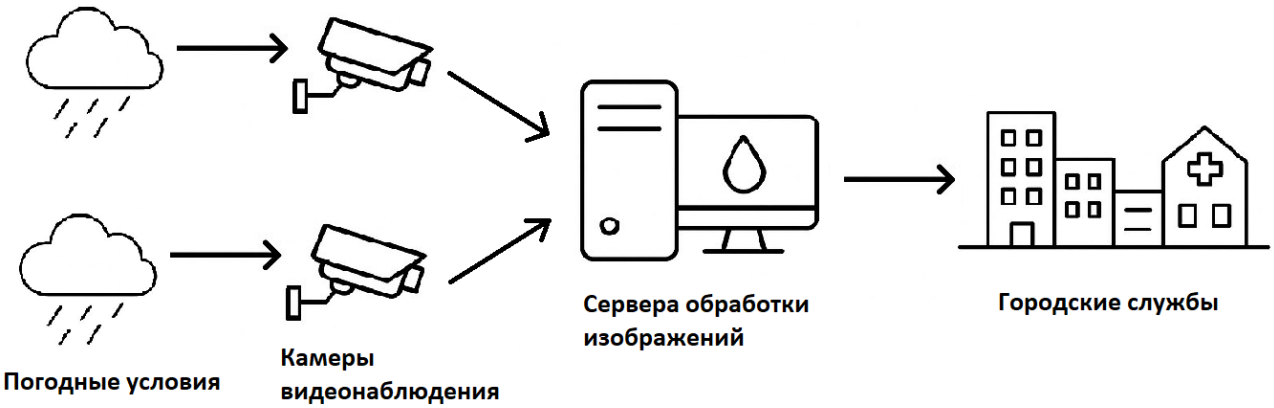


Рис. 1. Интеграция алгоритма обнаружения дождя в инфокоммуникационную сеть видеонаблюдения городской инфраструктуры

Обзор архитектур искусственных нейронных сетей

Модели машинного обучения, включая ИНС, оптимизируют параметры на основе данных [1]. Искусственный нейрон вычисляет взвешенную сумму входов с нелинейной активацией (ReLU, Leaky ReLU) [4]. Полносвязные сети (MLP) эффективны для векторных данных, но для изображений предпочтительны сверточные ИНС (CNN), выполняющие свертку с ядрами-фильтрами для извлечения признаков и субдискретизацию (pooling) [4,5].

Для задач классификации изображений лидируют CNN, такие как VGG-16 и ResNet, предобученные на ImageNet [5,6]. Трансферное обучение адаптирует их к специализированным приложениям, минимизируя объем данных.

Реализация и обучение модели

Архитектура VGG-16 включает сверточные слои (3×3, ReLU), max-pooling и полносвязные выходы [6,7]. Модификация: замена полносвязной части одним нейроном для бинарной классzификации. Заморожены сверточные слои; оптимизировано 25 089 параметров [7].



Рис. 2. Предлагаемая модификация архитектуры VGG-16 для обнаружения дождя по телевизионным изображениям

Обучение на синтетической базе [8]: 1000 изображений (512×512, по 500 на класс) для тренировки, 200 — тест, 64 — валидация. Изменение размера до 224×224, нормализация по каналам RGB [7]. Mini-batch (32), оптимизатор Adam (lr=0,001) [9], потеря — бинарная кросс-энтропия.

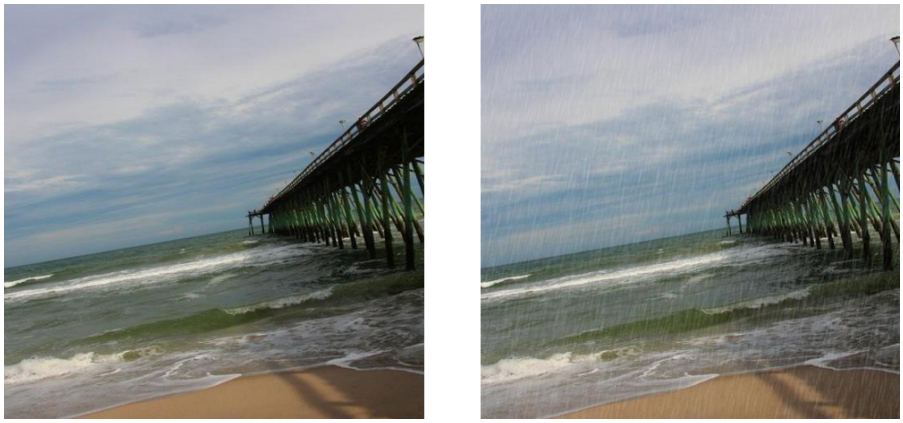


Рис. 3. Примеры изображений обучающей выборки, соответствующие классу «дождя нет» и «дождь есть»

Графики потерь подтверждают отсутствие переобучения. Точность на тесте составляет 90,5 % (Accuracy).



Рис. 4. Значения функции потерь в зависимости от номера мини-пакета в процессе обучения на обучающей (линия 1) и проверочной (линия 2) выборках

Заключение

Разработан алгоритм обнаружения дождя по телевизионным изображениям на базе модифицированной VGG-16 с трансферным обучением. Достигнута точность 90,5%, что подтверждает эффективность для инфокоммуникационных систем безопасности. Дальнейшее развитие — оценка интенсивности осадков и

интеграция в реальные сети видеонаблюдения для повышения оперативности реагирования на метеоугрозы.

Список литературы

1. Рашка С. Python и машинное обучение. СПб.: Питер, 2020. 656 с.
2. GPT-4 // Википедия. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/GPT-4 (дата обращения: 20.05.2025).
3. Комарцова Л. Г., Максимов А. В. Нейрокомпьютеры: учеб. пособие. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004. 320 с.
4. LeCun Y. et al. Backpropagation applied to handwritten zip code recognition // Neural Computation. 1989. Vol. 1, no. 4. P. 541–551.
5. Krizhevsky A. et al. ImageNet Classification With Deep Convolutional Neural Networks // Commun. ACM. 2017. Vol. 60, iss. 6. P. 84–90.
6. Simonyan K., Zisserman A. Very Deep Convolutional Networks for Large-Scale Image Recognition. arXiv:1409.1556. URL: https://arxiv.org/abs/1409.1556 (дата обращения: 20.05.2025).
7. PyTorch Documentation. VGG-16 Model. URL: https://docs.pytorch.org/vision/master/models/generated/torchvision.models.vgg16.html (дата обращения: 20.05.2025).
8. Zhang H., Patel V. M. Density-aware single image de-raining using a multi-stream dense network // IEEE Transactions on Image Processing. 2019. Vol. 28, no. 8. P. 3988–4001.
9. PyTorch Documentation. Adam Optimizer. URL: https://docs.pytorch.org/docs/stable/generated/torch.optim.Adam.html (дата обращения: 20.05.2025).

УДК 681.518

РАЗРАБОТКА ФАЙЛ-ОРИЕНТИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ХРАНЕНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ ДОКУМЕНТАМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРЕДСКАЗАТЕЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ И РАСПРЕДЕЛЕННОЙ АРХИТЕКТУРЫ

И.К. Полеев, студент 2 курса магистратуры [1, a)]
[1] ФГАОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН», Москва, Российская Федерация
E-mail: [a)] gerge7752@gmail.com

Аннотация: Работа посвящена исследованию файл-ориентированных систем хранения и управления документами с использованием интеллектуальных модулей. Рассматриваются подходы к интеграции моделей ИИ для диалогового взаимодействия, принятия решений и выполнения диагностических или административных команд на клиентских устройствах и отмечаются

перспективы повышения эффективности обслуживания и автоматизации администрирования.
Ключевые слова: файловая система; управление документами; интеллектуальный модуль; выполнение команд; администрирование; диалоговый интерфейс; ИИ-ассистент.

DEVELOPMENT OF A FILE-ORIENTED SYSTEM FOR DOCUMENT STORAGE AND MANAGEMENT USING PREDICTIVE MODELS AND A DISTRIBUTED ARCHITECTURE

I.K. Poleev [1, a)]
[1] Moscow State University of Technology «STANKIN», Moscow, Russia
E-mail: [a)] gerge7752@gmail.com

Abstract: The work is devoted to the study of file-oriented systems for document storage and management using intelligent modules. It examines approaches to integrating AI models for dialog interaction, decision-making, and executing diagnostic or administrative commands on client devices, and highlights the prospects for improving service efficiency and automating administration.
Keywords: file system; document management; intelligent module; command execution; administration; dialog interface; AI assistant.

Современные информационные системы сталкиваются с необходимостью одновременно обеспечивать хранение больших объёмов данных, поддерживать сложные процессы документооборота и предоставлять интеллектуальные механизмы взаимодействия с пользователем. Традиционные подходы, основанные на изолированных модулях управления файлами и вручную выполняемом администрировании, уже не соответствуют уровню требований современной цифровой инфраструктуры. В этих условиях особую значимость приобретают гибридные архитектуры, способные совмещать масштабируемые хранилища, аналитические механизмы и автономные интеллектуальные модули.

Особенностью подобной разработки является сочетание файл-ориентированной модели хранения с интеллектуальным диалоговым интерфейсом, адаптирующим своё поведение под пользователя на основе анализа естественного языка, истории взаимодействий и индивидуальных предпочтений. Такой подход позволяет устранить разрыв между технической функциональностью системы и удобством её использования. Пользователь получает возможность управлять сложными операциями минимизируя необходимость изучения интерфейсов и инструкций. Интеллектуальный модуль в данном подходе выполняет роль посредника между абстрактной логикой системы и человеческим описанием задач, что существенно повышает доступность и понятность работы с данными.

Также ценность может представлять внедрение механизма безопасного выполнения команд на конечных устройствах. В отличие от традиционных

административных инструментов, требующих непосредственного участия специалиста, предложенный подход основан на интеллектуальной фильтрации запросов, контекстном анализе роли пользователя и адаптивном ограничении полномочий. Такая модель демонстрирует преимущества гибридного управления, в котором сочетаются правила экспертных систем и методы обработки естественного языка. За счёт этого система не только выполняет диагностические операции, но и оценивает их целесообразность и уровень риска, что повышает безопасность инфраструктуры и обеспечивает возможность автономного выполнения рутинных задач.

Интеллектуальный модуль системы базируется на совмещении деревьев решений и стохастических моделей анализа текстовых данных, что обеспечивает высокий уровень интерпретируемости и предсказуемости поведения при сохранении способности адаптироваться к новым сценариям эксплуатации. Дерево решений играет роль структурного каркаса, определяющего логику обработки типовых проблем, в то время как модели анализа естественного языка позволяют системе работать с вариативностью формулировок, контекстных уточнений и индивидуальных особенностей пользователей. Чтобы обеспечить согласованную работу логической и стохастической частей интеллектуального модуля, в системе используется комбинированный метод выбора ответа, объединяющий результаты дерева решений и вероятностной оценки релевантности запроса. Интеллектуальный агент сначала определяет предполагаемую ветвь дерева решений, а затем корректирует выбор за счёт вероятностной модели. Формально комбинированная оценка может быть описана по формуле:

$$S(a_i) = \lambda * D(a_i) + (1 - \lambda) * P(a_i|q) \qquad (1)$$

где $S(a_i)$ – итоговая оценка ответа, $D(a_i)$ – детерминистская оценка, $P(a_i|q)$ – вероятностная оценка ответа по анализу запроса, а λ – коэффициент согласования, определяющий вклад структурной и стохастической моделей

Эффективность интеллектуального взаимодействия усиливается наличием модуля накопления знаний, который сохраняет как результаты предыдущих диалогов, так и добавленные пользователями или администраторами сведения. Это превращает систему в саморазвивающийся инструмент, качество работы которого растёт по мере использования. Непрерывная адаптация диалоговой модели позволяет значительно сократить время поиска информации, ускорить решение типовых инцидентов и уменьшить нагрузку на технические службы. Особое значение имеет анализ завершённых диалогов, включающий оценку стилистики и тональности — это даёт возможность настраивать стиль общения, формировать психолингвистические профили и оптимизировать рекомендации.

Объединение вышеперечисленных элементов приводит к формированию архитектуры, в которой функциями хранения и управления данными руководит интеллектуальный слой, способный к автономному принятию решений в пределах заданных ограничений. В отличие от существующих систем, где поддержка пользователей реализована через статические справочники или

ручные административные операции, предложенный подход обеспечивает полноценную интеграцию интеллектуального агента в архитектуру документооборота. Это открывает возможности для автоматизации процессов: от диагностики рабочих станций и оптимизации системных параметров до формирования рекомендаций по взаимодействию с файлами и структурой данных, а интеллектуальный модуль становится активным участником рабочих процессов, а не вспомогательным инструментом, что формирует предпосылки для создания полностью автономных, адаптивных и самооптимизирующихся корпоративных платформ нового поколения.

Список литературы

1. Чесалов А. Генеративный искусственный интеллект. - Екатеринбург: ООО "Издательские решения", 2024. - 367 с.

2. Виггерс, К. Разработка требований к программному обеспечению / К. Виггерс, Д. Битти. – 3-е издание. – СПб : БХВ-Петербург, 2016. – 737 с.

3. Гаврилова Т.А., Кудрявцев Д.В., Муромцев Д.И. Инженерия знаний. Модели и методы. - 6-е изд. - СПб.: издательство ЛАНЬ, 2023. - 325 с.

УДК 681.518

АВТОМАТИЗАЦИЯ АДМИНИСТРИРОВАНИЯ СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ДИАЛОГОВЫХ АГЕНТОВ

И.К.Полеев, студент 2 курса магистратуры [1, a)]
[1] ФГАОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН», Москва, Российская Федерация
E-mail: [a)] gerge7752@gmail.com

Аннотация: Работа посвящена автоматизации процессов администрирования информационных систем с использованием интеллектуальных диалоговых агентов. Рассматривается применение ИИ-ассистента для анализа запросов на естественном языке, выполнения диагностических операций и безопасного инициирования административных команд. Показано, что использование интеллектуальных агентов позволяет повысить эффективность администрирования, сократить нагрузку на технических специалистов и обеспечить адаптивное управление ИТ-инфраструктурой.

Ключевые слова: администрирование систем; интеллектуальный агент; диалоговый интерфейс; автоматизация; выполнение команд; информационная безопасность; ИИ-ассистент.

AUTOMATION OF SYSTEM ADMINISTRATION USING INTELLIGENT CONVERSATIONAL AGENTS

I.K.Poleev [1, a)]
[1] Moscow State University of Technology «STANKIN», Moscow, Russia
E-mail: [a)] gerge7752@gmail.com

Abstract: The work focuses on automating system administration processes using intelligent dialog agents. The use of an AI assistant for natural language request analysis, execution of diagnostic operations, and secure initiation of administrative commands is considered. It is shown that intelligent agents improve administrative efficiency, reduce the workload of technical specialists, and enable adaptive management of IT infrastructure.
Keywords: system administration; intelligent agent; dialog interface; automation; command execution; information security; AI assistant.

Современные процессы администрирования корпоративных информационных систем требуют высокой оперативности, точности и устойчивости к ошибкам, что становится затруднительным при использовании традиционных инструментов ручного управления. В условиях роста сложности ИТ-инфраструктуры и увеличения числа конечных узлов особую актуальность приобретает применение интеллектуальных диалоговых агентов, способных автоматизировать значительную часть административных операций и выступать в роли единого интерфейса взаимодействия с системой.

В основе предлагаемого подхода лежит архитектура, в которой интеллектуальный диалоговый агент интегрирован непосредственно в контур администрирования и взаимодействует как с пользователем, так и с исполнительными компонентами системы. Запрос администратора, сформулированный на естественном языке, проходит этап семантической интерпретации, в ходе которого из текста извлекаются ключевые намерения, параметры действия и предполагаемый объект управления. Для этого используется предварительная обработка текста, включающая токенизацию, лемматизацию и сопоставление с доменной моделью административных команд. Результатом данного этапа является формализованное представление запроса, пригодное для дальнейшего анализа и исполнения.

После интерпретации запроса интеллектуальный агент выполняет проверку допустимости действия с учётом текущего контекста. Контекст включает роль пользователя, историю предыдущих операций, состояние целевой системы и набор активных политик безопасности. На этом этапе используется правило вида: если запрошенное действие относится к диагностическим операциям и не изменяет состояние системы, оно может быть выполнено автоматически; если действие потенциально влияет на работоспособность или безопасность, агент инициирует процедуру дополнительной валидации. Данная логика позволяет реализовать механизм

управляемой автономности, при котором уровень самостоятельности агента регулируется в зависимости от типа операции.

Исполнение административных команд осуществляется через изолированный модуль, взаимодействующий с операционной системой и сервисами хоста. Для обеспечения безопасности каждая команда формируется в виде шаблона с жёстко заданными параметрами, исключающими выполнение произвольного кода. Пример внутренней логики обработки команды может быть описан следующим образом: агент определяет тип операции, сопоставляет его с допустимым шаблоном, подставляет проверенные параметры и только после этого передаёт команду на выполнение. Такой подход предотвращает инъекции команд и снижает риск неконтролируемых изменений системы. Пример сценария:

Администратор → диалоговый агент: текстовый запрос на диагностику и управление.

Агент → модуль интерпретации: извлечение намерений, объекта управления и параметров действия.

Модуль принятия решений → контекст и роль: проверка допустимости операции и уровня риска.

Исполнительный модуль → хост: выполнение диагностических команд и анализ состояния системы.

Агент → модуль безопасности: формирование и валидация шаблонов управляющих команд.

Исполнительный модуль → хост: контролируемое выполнение административного действия.

Агент → журнал и база знаний: сохранение сценария, результата и контекста взаимодействия.

Агент → администратор: генерация ответа и рекомендаций.

Важным элементом реализации является механизм журналирования и обратной связи. Все административные действия, выполненные агентом, фиксируются в журнале с указанием времени, контекста, результата и реакции пользователя. Эти данные используются для последующего анализа и адаптации поведения агента. При повторяющихся сценариях система способна предлагать упреждающие действия, например автоматический сбор диагностической информации при выявлении характерных признаков инцидента. Таким образом, интеллектуальный агент постепенно формирует набор типовых административных сценариев, оптимизируя процессы эксплуатации.

Интеграция диалогового интерфейса с исполнительной логикой администрирования позволяет сократить разрыв между высокоуровневыми запросами пользователя и низкоуровневыми техническими действиями. Администратор взаимодействует с системой в привычной форме диалога, в то время как интеллектуальный агент берёт на себя трансформацию запросов, контроль безопасности и выполнение операций. Это повышает надёжность администрирования, снижает вероятность человеческой ошибки и создаёт

основу для перехода к более автономным системам управления корпоративной ИТ-инфраструктурой.

Список литературы

1. Гаврилова Т.А., Кудрявцев Д.В., Муромцев Д.И. Инженерия знаний. Модели и методы. - 6-е изд. - СПб.: издательство ЛАНЬ, 2023. - 325 с.

2. Хуттер Ф., Коттхофф Л., Ваншорен Х. Введение в автоматизированное машинное обучение (AutoML) / пер. с англ. В. С. Яценкова. – М.: ДМК Пресс, 2023. – 256 с.

3. Олифер В.Г., Олифер. Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. - 6-е изд. - СПб.: Питер, 2020. - 1008 с.

УДК 001:004

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ СЕМАНТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ НАУКОМЕТРИЧЕСКИХ ДАННЫХ

К.Г. Никишин, магистрант [1, а)],
Н.А. Бычкова, канд. техн. наук [1, б)]
[1] ФГАОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН», Москва, Российская Федерация
E-mail: [а)] kirikNikishin45@gmail.com, [б)] n.bychkova@stankin.ru

Аннотация. Рассмотрены проблемы поиска научных статей на основе наукометрических данных молодыми научными специалистами. Представлен метод определения в тексте статей необходимых и подходящих под различную тематику слов путём разбиения научной статьи по онтологическому графу. Для ускорения работы с распределениями статей рассмотрены методы кластеризации, которые позволяют при помощи технологии машинного обучения автоматизировать процесс разделения набор статей по группам со схожими тематиками. Сделаны выводы, что данная работа позволяет оценивать квартили работ, составлять рейтинг научного сотрудника по количеству и качеству научных статей. Представляемая система за счет языковых моделей позволит сократить время на поиск научных данных для статей на 50% за счет более удобного поиска и сократить время на анализ и категоризацию собираемых источниками научных работ.

Ключевые слова: графы, онтологический граф, наукометрические данные, нейронные сети, машинное обучение, кластеризация.

INTELLIGENT SEMANTIC ANALYSIS OF SCIENTOMETRIC DATA

K.G. Nikishin, [1, а)], **N.A. Bychkova** [1, б)]
[1] Moscow State University of Technology «STANKIN», Moscow, Russia
E-mail: [а)] kirikNikishin45@gmail.com, [б)] n.bychkova@stankin.ru

Abstract: The problems of searching for scientific articles based on scientometric data by young scientific specialists are considered. A method is presented for determining the words necessary and suitable for various topics in the text of articles by dividing a scientific article into an ontological graph. To speed up work with article distributions, clustering methods are considered that allow using machine learning technology to automate the process of dividing a set of articles into groups with similar topics. It is concluded that this work makes it possible to evaluate quartiles of works, to make a rating of a researcher in terms of the number and quality of scientific articles. The presented system, using language models, will reduce the time spent searching for scientific data for articles by 50% due to a more convenient search and reduce the time spent analyzing and categorizing scientific papers collected by sources.
Keywords: graphs, ontological graph, scientometric data, neural networks, machine learning, clustering.

Введение

Проблема эффективного поиска и анализа контекстного знания актуальна из-за роста объема информации, её неструктурированности и быстрого обновления данных. Существующие инструменты малоэффективны из-за ограниченного набора сервисов. Исследования Соколовой и Бегичевой [1] показали, что особенно испытывают трудности с поиском научных статей начинающие научные сотрудники, что снижает качество и продуктивность их работы. Ограниченный поиск по названию, УДК и ключевым словам затрудняет поиск. Разрабатываемая система позволит находить все ключевые слова в статьях и расширит возможности поиска.

Материалы и методы

Кластерный анализ позволяет разделить набор данных на группы (кластеры), где объекты внутри каждой группы обладают схожими характеристиками. В результате получается структура, в которой объекты в одном кластере более похожи друг на друга, чем на объекты из других кластеров.

Авторы [2, с. 14] в своём исследовании отмечают, что научные публикации обладают рядом отличительных черт. Прежде всего, их содержание представлено в строгом научном стиле, лишенном эмоциональной окраски, и насыщено узкоспециальными терминами и формулами. Типичная структура статей включает введение, анализ предыдущих исследований и выводы. Во

многих научных областях принято выделять отдельный раздел, посвященный методам, применявшимся в ходе работы. Каждая статья сопровождается набором метаданных. К ним относятся данные об авторах (имена, учреждения, электронная почта), информация о месте публикации (название журнала или конференции), аннотация (часто открытая для всех) и год выпуска. Статьи, связанные друг с другом через цитирования, образуют направленный граф без циклов – граф цитирования. Помимо самого графа цитирования, анализируются и его производные, такие как графы цитирования по авторам или графы социтирования. Таким образом, каждую статью можно объединить в единый онтологический граф, приведенный на рис. 2.

Графы цитирования и социтирования можно сортировать по кластерам для того, чтобы одна статья по одной тематике не пересекалась с другой [3].

Благодаря этим факторам в тексте можно находить различные ключевые слова или определять их смысл, не заставляя человека читать материал полностью или искать по тэгам.

Результаты

Отсортированные статьи помимо тематик сортируются так же по квартилям и ассоциативным правилам. Результат выборки на тестовых данных представлен в таблице 1.

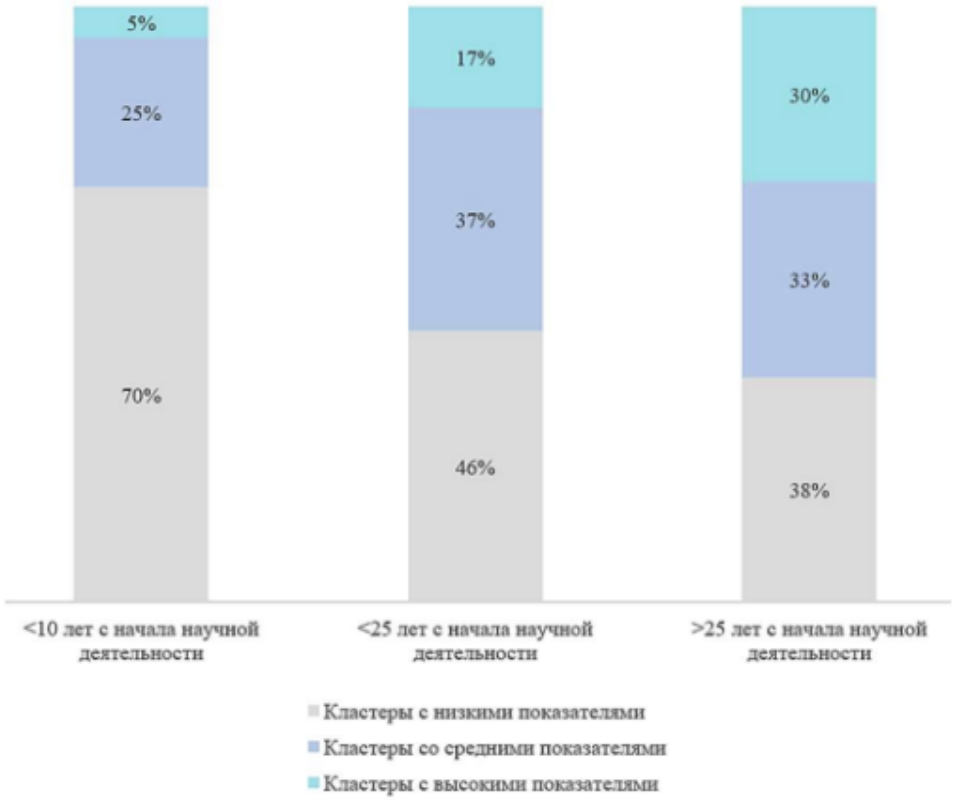


Рис. 1. Кластеры показателей качества и количества выпущенных научных работ



Рис. 2. Онтологический граф

Таблица 1. Публикационный потенциал авторов в области Computer Science

Исходный квартиль	Число авторов	Средняя поддержка правил по квартилю, %	Средняя достоверность правил по квартилю, %	Целевой квартиль (consequent)
Q2	13	6,0	90,2	Q1
Q3	48	9,0	65,8	Q2
Q4	4	7,6	60,2	Q3

Анализ публикационной активности каждого автора позволяет принимать обоснованные управленческие решения в области научных исследований. Это, в свою очередь, может служить основой для целенаправленной поддержки авторов с целью улучшения их наукометрических показателей.

Обсуждение

Следует отметить, что количество статей непреклонно растёт, что требует непрерывного обновления баз данных сборников научных статей. Однако в данном случае возникают проблемы, так как предложенные методы позволяют распределять подходящие тематике статьи в именованные коллекции (папки в файловой системе). Для более гибкого доступа к данным можно доработать

систему путём создания web-приложения, проводящую регулярную выгрузку данных через API-клиент [4, 5 с.19].

Предлагаемое решение предназначено для автоматизированного сбора и семантической обработки научных публикаций с целью извлечения явных и неявных тегов. Полученные теги используются для аналитики актуальности научных направлений и оптимизации процесса поиска релевантных исследований для молодых научных сотрудников.

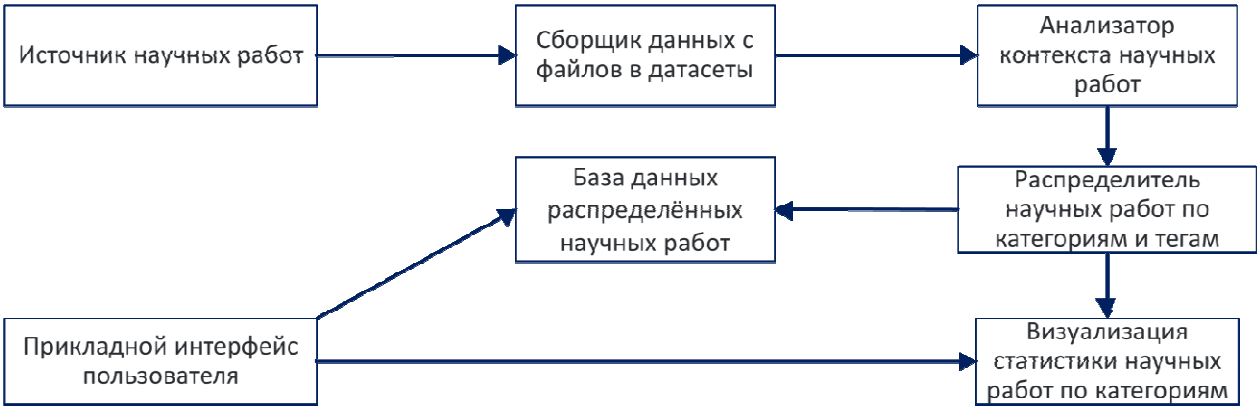


Рис. 3. Концептуальная модель интеллектуальной системы поиска и визуализации наукометрических данных

Концептуальная модель (рис. 3) объединяет модули для сбора, обработки и кластеризации научных статей по категориям и тегам, выявляемым в тексте и контексте. Интерфейс позволяет искать статьи по названию, ключевым словам и смыслу, а также анализировать статистику популярности тем по частоте новых публикаций.

Это достигается с помощью языковых моделей BERT и RuBERT для точного семантического анализа зарубежных и российских публикаций, а также библиотеки VOSviewer для кластерного анализа без создания дополнительных матриц, что ускоряет разработку.

Заключение

В работе были рассмотрены технологии поиска и визуализации научных статей. Было рассмотрено строение научных статей и представлен онтологический граф. Было выдвинуто предположение о кластеризации онтологий и сортировке статей по тематикам. Представленное исследование и разрабатываемое решение позволят ускорить поиск молодыми научными сотрудниками научных и исследовательских статей на 50% благодаря поиску по тэгам и необходимым тематикам.

Список литературы

1. Соколова Е.В. Интеллектуальный анализ наукометрических показателей публикационной активности преподавателей высших учебных заведений на примере Уральского государственного экономического университета / Е.В.

Соколова, С.В. Бегичева. – Текст : непосредственный // Актуальные проблемы развития технических наук : сборник статей участников XXV Областного конкурса научно-исследовательских работ «Научный Олимп» по направлению «Технические науки». – Екатеринбург: Уральский федеральный университет, 2022. – С. 119-123.

2. Недумов Я.Р., Кузнецов С.Д. Исследовательский поиск научных статей. Труды ИСП РАН, том 30, вып. 6, 2018 г., стр. 171-198. DOI: 10.15514/ISPRAS-2018-30(6)-10.

3. Муртазина М.Ш. Организация анализа научных данных на основе семантических технологий / М.Ш. Муртазина, Т.В. Авдеенко // Информационные технологии и нанотехнологии (ИТНТ-2017) : сборник трудов III международной конференции и молодежной школы, Самара, 25–27 апреля 2017 года / Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева. – Самара: Предприятие "Новая техника", 2017. – С. 1996-2004. – EDN YQLTCH.

4. Валько Д.В. Рекомендательная система на основе интеллектуального анализа наукометрического профиля исследователя / Д.В. Валько // Международный журнал Программные продукты и системы 27:275-283, https://doi.org/10.15827/0236-235X.122.275-283

5. Кононова О.В., Прокудин Д.Е. Технологии извлечения и интеллектуального анализа данных в научных исследованиях. – СПб: Университет ИТМО, 2021. – 133 с.

УДК 004.891.2

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ОЦЕНКЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ

Т.А. Паршиков, студент [1, a)]
Н.А. Бычкова, канд. техн. наук, доцент [1]
[1] ФГАОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН», Москва, Российская Федерация
E-mail: [a)] timaparshikov@gmail.com

Аннотация. Рассмотрены современные подходы к созданию интеллектуальных систем поддержки принятия решений в области оценки профессиональных компетенций. Представлена архитектура автоматизированной системы, предназначенной для помощи специалистам по подбору персонала в анализе и интерпретации данных о кандидатах. Система сочетает методы машинного обучения и обработки естественного языка для анализа резюме, генерации персонализированных вопросов и формирования аналитических отчётов. Проведено тестирование прототипа на синтетических данных, подтвердившее

корректность функционирования и применимость предложенного подхода. Сделан вывод о потенциале интеграции подобных решений в HR-практику и системы управления персоналом для повышения объективности и эффективности оценки компетенций.
Ключевые слова: искусственный интеллект, машинное обучение, поддержка принятия решений, оценка компетенций, обработка естественного языка, автоматизация рекрутинга.

INTELLIGENT DECISION SUPPORT SYSTEMS FOR PROFESSIONAL COMPETENCE ASSESSMENT

T.A. Parshikov [1, a)], **N.A. Bychkova** [1]
[1] Moscow State University of Technology «STANKIN», Moscow, Russia
E-mail: [a)] timaparshikov@gmail.com

Abstract. Modern approaches to the development of intelligent decision support systems in the field of professional competency assessment are examined. The architecture of an automated system designed to assist recruitment specialists in analyzing and interpreting candidate data is presented. The system combines machine learning and natural language processing methods to analyze résumés, generate personalized questions, and produce analytical reports. The prototype was tested on synthetic data, confirming the correctness of its operation and the applicability of the proposed approach. It is concluded that such solutions have strong potential for integration into HR practices and personnel management systems to enhance the objectivity and efficiency of competency evaluation.
Keywords: artificial intelligence, machine learning, decision support, competency assessment, natural language processing, recruitment automation.

Введение. Современный рынок труда предъявляет повышенные требования к качеству специалистов, особенно в технических и высокотехнологичных направлениях, где непрерывное обновление технологий и инструментов приводит к усложнению процесса подбора персонала. Увеличение объёма сопроводительной информации, расширение спектра профессиональных и надпрофессиональных компетенций, а также необходимость оперативной оценки кандидатов создают условия, при которых традиционные методы тестирования, интервьюирования и экспертных оценок перестают обеспечивать требуемую объективность и глубину анализа [1].

Высокая динамика развития цифровых технологий усиливает потребность в автоматизированных инструментах, способных проводить интерпретацию профессиональных данных на основе методов искусственного интеллекта. Такие системы должны учитывать структурированную и неструктурированную информацию из резюме, сопроводительных писем и открытых источников, выявлять ключевые компетенции, выделять уровень их сформированности и обеспечивать аналитическую поддержку специалиста по подбору персонала.

При этом особую значимость приобретают технологии обработки естественного языка, позволяющие интерпретировать стилистические особенности описания опыта и выявлять скрытые признаки компетентности, не отражённые напрямую в структуре текста [5].

Возникает необходимость в создании интеллектуальных систем поддержки принятия решений, которые могут сочетать анализ текстовой информации, динамическое формирование вопросов и оценку компетенций в рамках единой программной платформы. Для эффективного применения такие системы должны обеспечивать автономную работу, высокую степень точности и удобство взаимодействия, что требует разработки соответствующей архитектуры и алгоритмической базы.

Процессы анализа резюме и проведения интервью предполагают изучение большого массива данных, интерпретацию содержания, сопоставление опыта кандидата с отраслевыми требованиями и выявление профессиональных индикаторов на основе косвенных признаков. В условиях высокой нагрузки на HR-специалистов возникает потребность в системах, способных автоматически анализировать текстовые данные и преобразовывать их в структурированные оценки [7].

Значимым направлением становится формирование интеллектуальных подсказок для рекрутера в ходе интервью, когда по мере получения ответов система генерирует уточняющие или углубляющие вопросы. Это позволяет выявлять компетенции за пределами шаблонных анкетаций, в том числе коммуникативные навыки, стиль мышления, глубину понимания технологий и устойчивость профессиональной мотивации [6].

Дополнительную потребность составляет возможность объективного и единообразного анализа, сниженного влияния человеческого фактора и обеспечения сопоставимости результатов разных кандидатов [4]. Интеллектуальная система должна аккумулировать и структурировать данные, формировать единый профиль специалиста и обеспечивать дальнейшую аналитическую обработку. Важным аспектом является локальность решения, необходимая для работы с персональными данными в условиях ограниченной сетевой доступности или повышенных требований к информационной безопасности.

Таким образом, потребности отрасли формируют запрос на интеллектуальные платформы, которые сочетают автоматизированный анализ, динамическую поддержку рекрутера, объективность оценки и локальную защищённость данных.

Материалы и методы. Современные HR-технологии предлагают широкий набор инструментов тестирования и анализа, однако большинство решений ориентировано на статические методы [2]. Системы автоматизированного тестирования, представленные на рынке, осуществляют проверку знаний в заданных форматах, предоставляют фиксированные анкеты или выполняют оценку soft-навыков на основе заранее определённого набора сценариев.

Несмотря на развитие технологий, такие решения редко включают адаптивные механизмы анализа, способные изменять ход интервью в зависимости от полученных ответов.

Сервисы международного уровня, использующие элементы машинного обучения, обеспечивают качественную проверку отдельных компетенций, но в большинстве случаев не реализуют системную поддержку принятия решений или динамическое формирование вопросов. Отдельные платформы позволяют анализировать эмоциональные реакции кандидата или поведенческие паттерны, однако ограничены в возможности интерпретации сложных технических компетенций, требующих экспертного подхода. В таблице 1 рассмотрены основные системы, которые автоматизируют процессы рекрутинга. Также в таблице приведены критерии и оценки, на основе которых формируется результат сравнения систем.

Таблица 1. Сравнение автоматизированных систем выявления компетенций

Система	Функционал (0.6)	Точность оценки (0.8)	Использование в реальном времени (1)	Гибкость настройки (0.9)	Применение ML моделей (1)	Итоговая оценка
Ресурс-К	9	9	**3**	7	8	29.9
Vervoe	10	9	**7**	9	10	38.3
HeadHunter	8	8	**2**	6	7	25.6

Сравнение демонстрирует, что современный рынок не предлагает инструментов, которые совмещают адаптивную поддержку интервью, автоматическую интерпретацию резюме и локальную обработку данных. Это подчёркивает актуальность разработки систем нового поколения, использующих интеллектуальные алгоритмы и архитектурную интеграцию модулей анализа данных и интерфейса взаимодействия [8].

Основой разработки стала интеграция методов системного анализа с инструментами машинного обучения и обработки естественного языка. Для анализа текстовой информации применялись модели трансформерного типа, среди которых особое внимание уделено архитектурам, обеспечивающим высокую устойчивость к контекстным и стилистическим вариациям в резюме. Модели использовались для выявления профессиональных навыков, интерпретации опыта и формирования выводов о компетенциях [8].

Программная архитектура построена на модульном принципе, обеспечивающем независимость ключевых функциональных элементов, включая анализ резюме, генерацию вопросов, оценку компетенций и управление локальным хранилищем данных. Для реализации интерфейса применены компоненты Python-библиотек, позволяющие формировать удобную среду взаимодействия и обеспечивать быстрый доступ к аналитическим данным. Локальное хранение реализовано средствами SQLite, что позволяет

обеспечить автономность, низкие требования к ресурсам и прозрачность интеграции.

Архитектура системы предполагает последовательную обработку данных различными компонентами, взаимодействующими через единый внутренний слой передачи структурированной информации. На рисунке 1 представлен концепт системы, которая позволит обеспечить поддержку кандидата в режиме реального времени.

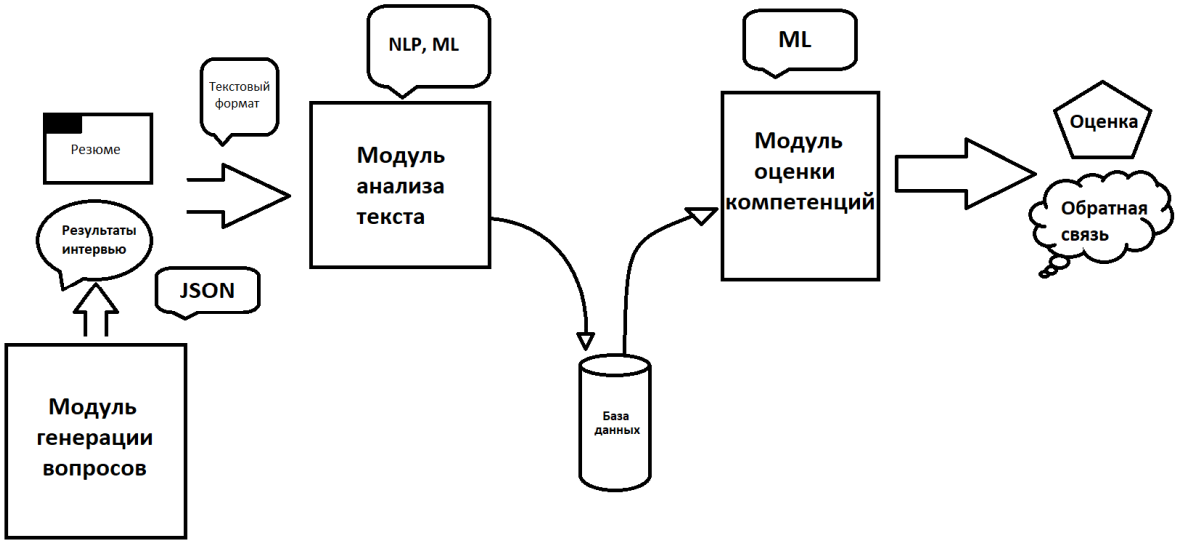


Рис. 1. Концепт системы сопровождения рекрутера в режиме реального времени

Результаты. Разработанная интеллектуальная система реализует комплексный подход к оценке компетенций кандидатов, включая автоматическую обработку текстовых материалов, выявление ключевых навыков и формирование рекомендаций для дальнейшего интервьюирования. Система способна определять степень соответствия кандидата профессиональным требованиям, структурировать выявленные компетенции и преобразовывать их в аналитический отчёт.

Функция автоматической генерации вопросов обеспечивает динамическую адаптацию хода интервью, что позволяет выявлять глубину профессиональных знаний и анализировать коммуникативные особенности кандидата. Такой механизм усиливает точность и полноту оценки и позволяет рассматривать систему как интеллектуального ассистента, обеспечивающего поддержку специалиста по подбору персонала.

Проведённое тестирование на демонстрационных данных подтвердило корректность функционирования всех модулей. Система адекватно определяла ключевые компетенции, выделяла релевантные показатели опыта, корректно формировала вопросы для уточнения и обеспечивала точное распределение уровней компетентности. Локальный характер работы системы позволил обеспечить безопасную обработку данных без передачи их внешним сервисам, что повышает потенциал применения в практических задачах.

Заключение. Представленная интеллектуальная система демонстрирует возможности применения методов искусственного интеллекта и обработки естественного языка для анализа профессиональных компетенций и поддержки принятия решений в задачах подбора персонала. Разработанная архитектура обеспечивает комплексную обработку текстовой информации, динамическое формирование вопросов и автоматическое создание аналитических выводов, формируя единый инструмент для повышения объективности оценки.

Система обладает потенциалом для интеграции в корпоративные HR-процессы, расширения функциональности и дальнейшей адаптации к различным профессиональным направлениям. Комбинация интеллектуальных алгоритмов с локальной архитектурой делает подобные решения перспективными в условиях цифровизации и возрастания требований к качеству кадрового состава.

Список литературы

1. Чупина И.П., Иванова Н.В., Сухов А.А. Технологии рекрутинга в современной системе управления персоналом. Москва, Инфра-М, 2021, 220 с.
2. Коновалов М.А. Преимущества использования цифровых технологий при подборе персонала // Государственное управление. Электронный вестник, 2022, №94, с. 33–45.
3. Большакова З.М., Тулькибаева Н.Н. Компетенции и компетентность // Вестник ЮУрГУ. Серия: Образование, 2009, № 24, с. 18–24.
4. Лисовский А.А., Бушуева Н.В. Архитектура интеллектуальных систем поддержки принятия решений // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Информатика. Телекоммуникации. Управление, 2020, т. 13, №3, с. 59–70. https://doi.org/10.18721/JCSTCS.13305
5. Devlin J., Chang M.-W., Lee K., Toutanova K. BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding // NAACL-HLT. 2019.
6. Zhang H., Yang Y. A Survey on Conversation-level Question Generation with Deep Learning // Information Processing & Management. 2023.
7. Chamorro-Premuzic T., Winsborough D. The Talent Delusion: Why Data, Not Intuition, Is the Key to Unlocking Human Potential. Piatkus, 2022.
8. Xu W., Kreis K., Rombach R. Transformers in Time: Foundations, Advances and New Directions in Sequence Modeling // arXiv preprint arXiv:2401.00001, 2024.

УДК 004.89:621

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ СУРРОГАТНЫХ МОДЕЛЕЙ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Н.А. Анисимова, студент [1, а)],
В.С. Комаров, студент [1, б)],
[1] ФГАОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН», Москва, Российская Федерация
E-mail: [а)] anisim9v4@gmail.com, [б)] komarov2025@gmail.com

Научный руководитель: Н.В. Елисеева, канд. техн. наук, доцент

Аннотация: В статье рассматривается замена ресурсоемких CAE-расчетов суррогатными моделями. На примере задачи механики деформируемого твердого тела проведено сравнение алгоритмов регрессии, где наилучший результат показал Random Forest ($R^2 \approx 0{,}999$). Однако выявлено критическое ограничение: модель обеспечивает высокую точность только в пределах обучающей выборки и, в отличие от физического моделирования, не способна предсказать момент разрушения конструкции при закритических нагрузках.
Ключевые слова: суррогатное моделирование, машинное обучение, метод конечных элементов, метод конечных элементов, CAE-системы, Random Forest, предел точности, экстраполяция данных.

APPLICATION OF MACHINE LEARNING METHODS FOR CONSTRUCTING SURROGATE MODELS OF COMPLEX TECHNICAL SYSTEMS

N.A. Anisimova[a)], **V.S. Komarov** [b)],
Moscow State University of Technology «STANKIN», Moscow, Russia
E-mail: [a)] anisim9v4@gmail.com, [b)] komarov2025@gmail.com

Scientific supervisor: N.V. Eliseeva, Ph.D. in Engineering, Associate Professor

Abstract: The article discusses using machine learning to create surrogate models replacing resource-intensive CAE calculations. In a solid mechanics example, Random Forest showed the best results among regression algorithms. However, a critical limitation remains: the model is accurate only within the training data and, unlike physical modeling, cannot predict structural failure under supercritical loads.
Keywords: surrogate modeling, machine learning, finite element method, CAE systems, Random Forest, ultimate strength, data extrapolation.

Введение

В современной промышленности, ориентированной на концепции Индустрии 4.0, ключевыми факторами конкурентоспособности являются скорость вывода изделия на рынок и эффективное использование вычислительных мощностей [1]. Для проектирования ответственных узлов повсеместно используются CAE-программы (например, ANSYS), позволяющие с высокой достоверностью моделировать физические процессы.

Однако применение высокоточного численного моделирования сопряжено с ограничениями: высокой стоимостью и требованием к мощным вычислительным кластерам. Это формирует «организационный барьер»: технологи на производстве лишены возможности оперативной верификации параметров изделия и зависят от загруженности расчетных отделов. Решением может стать построение суррогатных моделей (метамоделей) на базе машинного обучения (ML), создающих «облегченную» математическую копию системы [3].

Методология исследования

Для отработки методики выбрана классическая задача механики: анализ напряженно-деформированного состояния консольно закрепленной балки (100 × 5 × 5 мм, конструкционная сталь) под воздействием силы на свободном конце (см. рис. 1).

Формирование обучающей выборки (Dataset) осуществлялось в среде ANSYS (метод конечных элементов). Сгенерировано 1305 симуляций. Входной параметр (X) – нагрузка; выходные (Y) – 5 характеристики НДС (напряжения и деформации). Выборка разделена на обучающую (80%) и валидационную (20%).

Сравнивались три архитектуры регрессии (библиотека Scikit-learn):

1) линейная регрессия (Linear Regression);
2) градиентный бустинг (Gradient Boosting);
3) случайный лес (Random Forest).



Рис. 1. Геометрическая модель задачи – консольно закрепленная балка с приложенной нагрузкой

Результат исследования

Численный эксперимент показал, различную эффективность алгоритмов в задаче аппроксимации физических величин (см. рис. 2):

1. Linear Regression показала неудовлетворительный результат ($R^2 \approx 0{,}798$, $MAE = 15{,}34$). Модель «недообучилась», не сумев описать нелинейные особенности накопления деформаций.
2. Gradient Boosting продемонстрировал высокую точность ($R^2 \approx 0{,}9985$), но уступил лидеру по показателю разброса ошибок ($MAE = 1{,}67$).
3. Random Forest обеспечил наилучшую сходимость с данными ANSYS. Коэффициент детерминации $R^2 \approx 0{,}9992$, среднеквадратичная ошибка ($RMSE$) – 0,99, средняя абсолютная ошибка ($MAE < 0{,}85$).

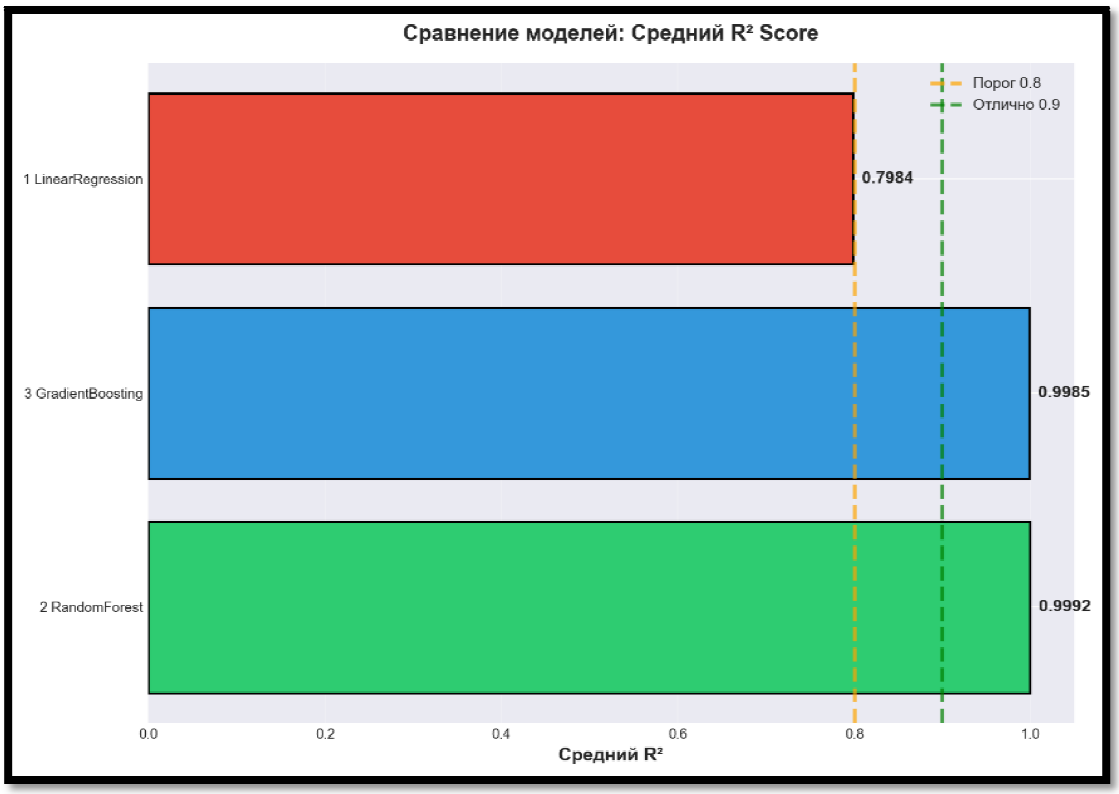


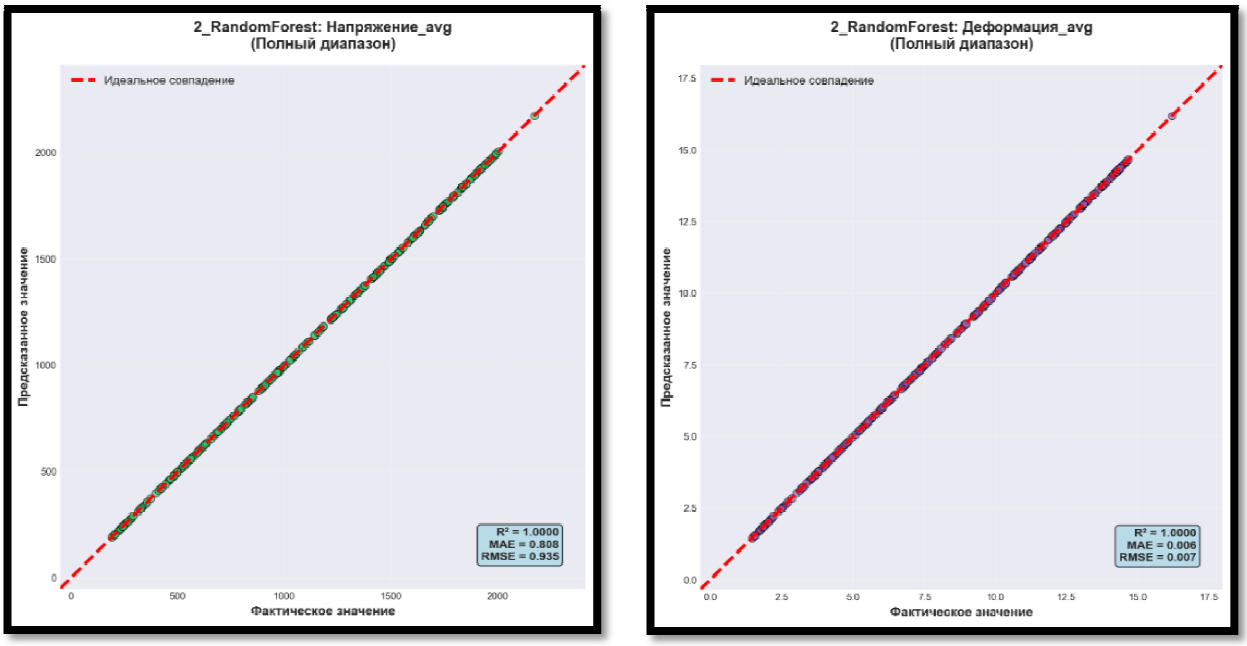
Рис. 2. Сравнение точности (R^2 $Score$) исследуемых алгоритмов машинного обучения

В пределах заданного диапазона нагрузок (интерполяция) модель Random Forest выступает точным «калькулятором», мгновенно выдавая значения напряжений, соответствующие результатам FEM-расчета (см. рис. 3).

Обсуждение результатов и выявленные ограничения

Несмотря на высокие статистические показатели точности, в ходе анализа были выявлены критические недостатки суррогатного подхода, ограничивающие его применение в задачах прочностного анализа.

Главным ограничением является отсутствие физической семантики в модели машинного обучения. Алгоритм Random Forest обучается на числовых закономерностях соответствия «нагрузка-напряжение», но не содержит информации о свойствах материала как физического объекта [2].



а) *б)*

Рис. 3. Графики соответствия предсказанных значений: *(а)* - напряжений фактическим; *(б)* - деформаций фактическим

1. Проблема предсказания разрушения. Модель предсказывает только числовые значения параметров. Она не способна определить точку бифуркации – момент, когда напряжение превышает предел прочности стали и происходит разрушение конструкции. В то время как CAE-система (ANSYS) может сигнализировать о разрыве сплошности или пластической текучести, ML-модель продолжит выдавать прогнозные числа, которые могут не иметь физического смысла.

2. Ошибка экстраполяции. Высокая точность ($R^2 \approx 0{,}999$) гарантируется исключительно внутри диапазона нагрузок, на которых обучалась модель. При выходе за эти рамки (подача нагрузки, превышающей максимальную в датасете) погрешность резко возрастает. Модель не может корректно предсказать поведение системы в новых условиях, так как не «знает» законов физики, а лишь аппроксимирует известные ей точки [4].

Таким образом, разработанная модель является эффективным инструментом для экспресс-оценки в штатных режимах, но не может служить полноценной заменой инженерному анализу в критических или аварийных диапазонах нагрузок.

Заключение

Применение методов машинного обучения (в частности, алгоритма Random Forest) позволяет создать быстродействующую суррогатную модель, которая с высокой точностью воспроизводит результаты тяжелых расчетов ANSYS. Это позволяет технологу использовать модель как «калькулятор» для проверки гипотез в реальном времени.

Однако следует учитывать, что такая модель является лишь математической абстракцией. Она не чувствительна к физическим пределам материала и не способна предсказать момент разрушения изделия. Внедрение подобных систем требует строгой регламентации рабочего диапазона входных параметров, чтобы исключить риск получения недостоверных данных при закритических нагрузках.

Список литературы

1. Lee J., et al. Industrial Artificial Intelligence for Industry 4.0-based Manufacturing Systems // Manufacturing Letters. – 2020. – Vol. 18. – P. 20-23.

2. Wu J.L. et al. Physics-informed machine learning for predictive turbulence modeling // Journal of Computing Physics. – 2017. – Vol. 326. – P. 115-136.

3. Бурнаев Е.В., Зайцев А.А. Суррогатное моделирование разноточных данных в случае выборок большого размера // Информационные процессы. – 2015. – Т. 15. – С. 97-109.

4. Wang G., Shan S. Review of Metamodeling Techniques in Support of Engineering Design Optimization // Journal of Mechanical Design. – 2007. – Vol. 129. – P. 370-380.

УДК 004.896

РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ АНАЛИЗА ФОНДОВОГО РЫНКА ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

И.Ю. Ильенко, студент [1, а)]
Н.А. Бычкова, канд. техн. наук [1, б)]
[1] ФГАОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН», Москва, Российская Федерация
E-mail: [а)] iljenko.ilia@yandex.ru, [б)] *nabych@mail.ru*

Аннотация: В статье представлена разработка интеллектуальной системы анализа фондового рынка, объединяющей обработку новостных потоков и анализ котировок в единой аналитической среде. Система предназначена для поддержки принятия решений инвесторами и аналитиками за счёт автоматического выявления аномалий в поведении финансовых инструментов и корреляции между информационными событиями и рыночной активностью. Рассмотрены архитектура системы, применяемые методы машинного обучения и обработки естественного языка, а также результаты тестирования прототипа на данных Московской биржи и новостных агентств.

Ключевые слова: фондовый рынок, машинное обучение, обработка новостей, аномалии, поддержка принятия решений, анализ котировок, корреляция.

DEVELOPMENT OF AN INTELLIGENT STOCK MARKET ANALYSIS SYSTEM FOR DECISION SUPPORT

I.Y. Iljenko [1, а)], **N.A. Byckkova** [1, б)]
[1] Moscow State University of Technology «STANKIN», Moscow, Russia
E-mail: [а)] iljenko.ilia@yandex.ru, [б)] nabych@mail.ru

Abstract: The paper presents the development of an intelligent stock market analysis system that integrates news stream processing and market data analysis within a unified analytical environment. The system is designed to support decision-making by automatically detecting anomalies in financial instruments and identifying correlations between informational events and market activity. The architecture, applied machine learning and natural language processing methods, and testing results on data from the Moscow Exchange and leading news agencies are discussed.
Keywords: stock market, machine learning, news analysis, anomalies, decision support, price dynamics, correlation.

Введение

Задача анализа фондового рынка и прогнозирования рыночных состояний имеет широкое практическое применение в инвестиционной, банковской и аналитической сферах [1]. К данной задаче сводится решение проблем своевременного выявления рыночных аномалий, обнаружения корреляций между новостным фоном и динамикой котировок, а также прогнозирования реакций участников торгов на основе совокупности информационных факторов. Эти задачи относятся к классу сложных аналитических задач обработки больших данных, требующих высокой вычислительной мощности и применения методов искусственного интеллекта [2].

Современные подходы к анализу финансовых рынков в основном основаны на использовании статистических индикаторов и классических моделей временных рядов (например, ARIMA или GARCH) [3]. Однако данные методы не учитывают контекстные и поведенческие факторы, влияющие на колебания цен, такие как эмоциональный фон новостей или внезапные всплески активности на отдельных инструментах. Это ограничивает их эффективность при работе с высокочастотными и неструктурированными данными [4].

Разработка интеллектуальной системы анализа фондового рынка, объединяющей обработку новостных потоков и мониторинг торговых показателей, позволяет повысить точность анализа и сократить время реакции на рыночные изменения. Предлагаемая система интегрирует методы машинного обучения, обработки естественного языка и анализа временных рядов, обеспечивая формирование аналитических сигналов в режиме, близком к реальному времени (рис. 1) [5].

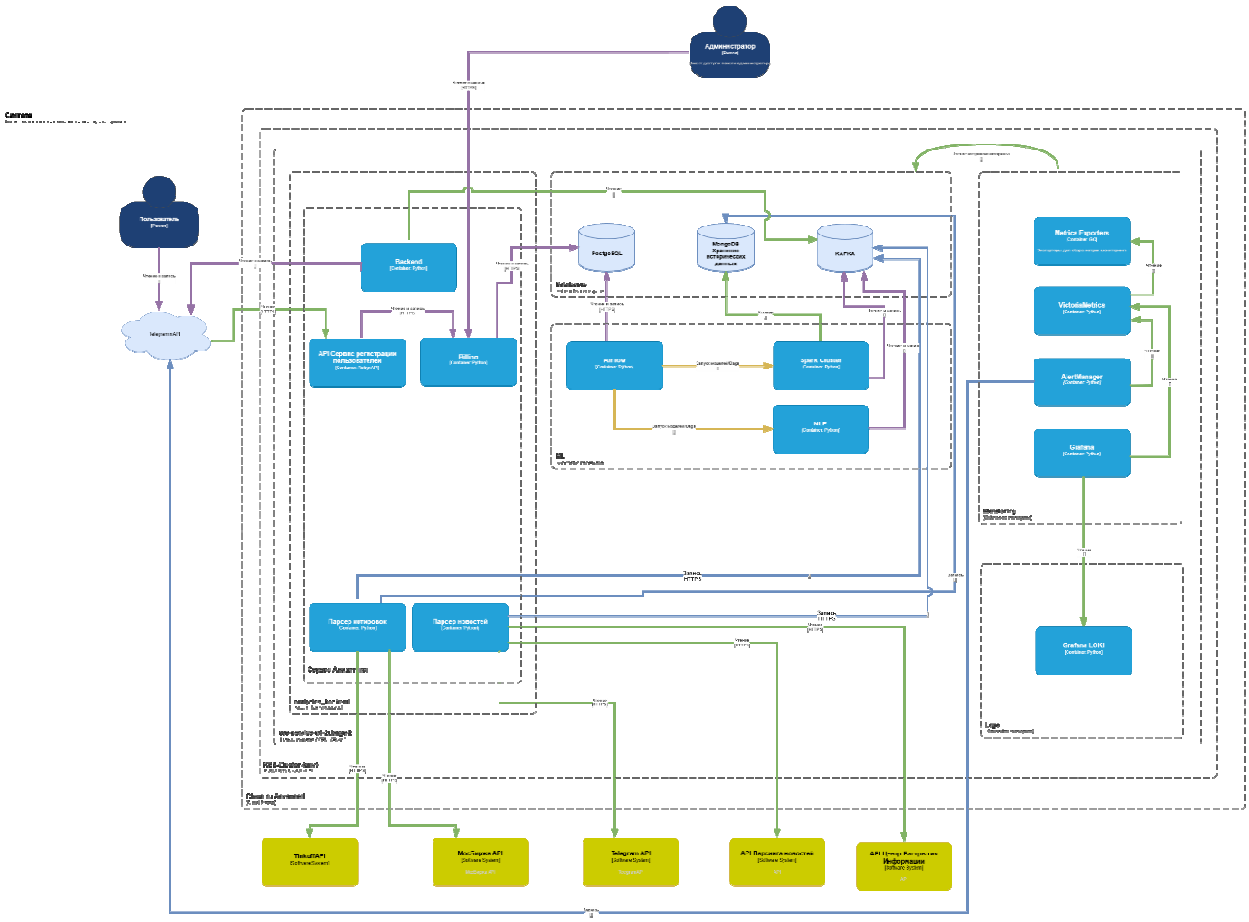


Рис. 1. Архитектура интеллектуальной системы анализа данных фондового рынка для поддержки принятия решений

Методы

Для повышения оперативности анализа фондового рынка разработан подход, основанный на создании интеллектуальной системы парсинга и обработки финансовых данных из различных источников. Основная задача системы заключается в максимально быстром получении и структурировании информации о рыночных событиях и котировках с целью предоставления пользователю актуальных данных в кратчайшие сроки. Архитектура системы реализована по модульному принципу и включает следующие компоненты:

Модуль сбора данных — выполняет асинхронный парсинг данных из API Московской биржи, Tinkoff Investments, а также из открытых новостных лент (включая Telegram-каналы и RSS-источники). Использование асинхронных запросов (aiohttp, asyncio) обеспечивает одновременную обработку большого числа источников и сокращает среднее время получения информации.

Модуль предобработки — осуществляет очистку и нормализацию данных, удаление дубликатов и ошибок, а также временную синхронизацию поступающей информации. Этот этап обеспечивает согласованность и целостность данных при их дальнейшем анализе.

Модуль детектирования аномалий — анализирует временные ряды котировок с использованием статистических методов (например, Z-score и межквартильного размаха) для обнаружения резких ценовых колебаний или всплесков торговой активности, которые могут свидетельствовать о нетипичных рыночных событиях.

Хранилище данных — обеспечивает долговременное сохранение собранных и обработанных данных в реляционной базе PostgreSQL. Для ускоренного поиска и аналитических запросов применяется индексирование и репликация данных в Elasticsearch.

Модуль визуализации — предназначен для предоставления пользователю результатов работы системы через Telegram-бот. В нём отображаются свежие новости, зафиксированные аномалии и временные ряды котировок, представленные в наглядной форме.

Для реализации прототипа использован язык программирования Python и библиотеки aiohttp, BeautifulSoup, pandas и matplotlib. Такой технологический стек позволил создать гибкую и масштабируемую систему, обеспечивающую высокую скорость реакции на появление новых событий и минимизацию временных задержек при обработке данных [6].

Таблица 1. Сравнение скорости и эффективности обработки данных

Показатель	Традиционные методы	Разработанная система
Среднее время получения новостей из 5 источников, сек	35	22
Задержка между публикацией и парсингом, сек	30	20
Средняя нагрузка на CPU при 10 параллельных источниках (%)	72	52
Доля пропущенных событий при пиках активности (%)	7	4

Результаты

Показано, что предложенные алгоритмы обработки новостных потоков и котировок с применением методов NLP и машинного обучения обеспечивают получение аналитически релевантной информации быстрее традиционных подходов [5]. Система демонстрирует сокращение времени реакции на важные рыночные события, повышение точности выявления аномалий в динамике котировок и более эффективное определение корреляций между новостным фоном и поведением финансовых инструментов (табл. 1).

Заключение

Исследована эффективность применения разработанных алгоритмов обработки и анализа новостных потоков и котировок с использованием NLP и машинного обучения. Результаты показали, что интеграция этих методов в интеллектуальную систему анализа фондового рынка позволяет ускорить

выявление значимых событий, повысить точность аналитических сигналов и улучшить поддержку принятия решений инвесторами и аналитиками [7].

Список литературы

1. Алескеров, Ф.Т. Математические методы в экономике и финансах: учебное пособие. – М.: Инфра-М, 2021. – 304 с.

2. Маккинли, Дж., Дженсен, М. Основы алгоритмической торговли. – СПб.: Питер, 2020. – 368 с.

3. Рашидов А.И. Методы анализа и прогнозирования временных рядов в экономике. – М.: Наука, 2019. – 288 с.

4. Гранберг А.Г. Модели и методы региональной экономики. – М.: Наука, 2020. – 352 с.

5. Соловьёв А.Н. Интеллектуальные системы обработки данных в экономике. – М.: Радио и связь, 2021. – 298 с.

6. Кривошеев П.В. Методы анализа текстовых данных и применение NLP в финансовой аналитике. – СПб.: Политех-Пресс, 2022. – 276 с.

7. Кузнецов С.В. Аналитические платформы и машинное обучение в финансовых приложениях. – М.: Финансы и статистика, 2022. – 272 с.

УДК 004.852

РАСПОЗНАВАНИЕ СКРЫТОГО НЕГАТИВА В ВЕЖЛИВЫХ ВЫСКАЗЫВАНИЯХ: ПОДХОД НА ОСНОВЕ КОНТЕКСТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА И ТРАНСФЕРНОГО ОБУЧЕНИЯ

Г.П. Конюхова, канд. пед. наук, доцент [1, а)],
Е.С. Крыльцов, студент [1, б)]
[1] ФГАОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН», Москва, Российская Федерация
E-mail: [а)] kryltsof@yandex.ru [б)] maurico@yandex.ru

Аннотация: Рассматривается проблема низкой эффективности классических моделей анализа тональности при детекции скрытого негатива в вежливых текстах. В данной статье предлагается гибридный подход, сочетающий контекстуальные эмбеддинги модели BERT с анализом специальных прагматических и стилистических признаков. Разработанная архитектура позволяет значительно улучшить точность классификации для целевого класса. Эффективность решения подтверждена экспериментами на корпусе русскоязычных данных, где модель продемонстрировала существенный прирост качества.

Ключевые слова: анализ тональности, классификация текста, скрытый негатив, прагматика, трансферное обучение, BERT, компьютерная лингвистика.

RECOGNIZING HIDDEN NEGATIVITY IN POLITE STATEMENTS: AN APPROACH BASED ON CONTEXTUAL ANALYSIS AND TRANSFER LEARNING

G.P. Konukhova [1, a)], **E.S. Kryltsov** [1, b)]
[1] Moscow State University of Technology «STANKIN», Moscow, Russia
E-mail: [a)] kryltsof@yandex.ru [б)] maurico@yandex.ru

Abstract: This article examines the low performance of classic sentiment analysis models in detecting hidden negativity in polite texts. This paper proposes a hybrid approach that combines the contextual embeddings of the BERT model with the analysis of specific pragmatic and stylistic features. The developed architecture significantly improves classification accuracy for the target class. The effectiveness of the solution has been confirmed by experiments on a corpus of Russian-language data, where the model demonstrated significant performance improvement.
Keywords: sentiment analysis, text classification, latent negativity, pragmatics, transfer learning, BERT, computational linguistics.

Введение

Современные методы анализа тональности, основанные на глубоком обучении, успешно решают задачи классификации явно выраженных эмоций. Однако их эффективность резко снижается при работе с косвенными речевыми актами, такими как скрытый негатив, ирония или сарказм, часто встречающиеся в коммуникации. Высказывания типа «Спасибо за оперативность, ждал всего месяц» не содержат явной негативной лексики, но несут критический посыл. Традиционные модели, включая fine-tuned BERT, склонны классифицировать такие тексты как нейтральные или позитивные, что ограничивает их применимость в реальных системах мониторинга.

Необходимо повышение точности классификации текстов со скрытым негативом за счет создания гибридной модели, которая сочетает в себе силу контекстуальных языковых моделей и явно заданных лингвистических признаков.

Методы

Предлагаемая гибридная модель обрабатывает текст по двум каналам. Первый канал, контекстуальный, использует предобученную языковую модель RuBERT для генерации семантического векторного представления текста. Второй канал, прагматический, основан на инженерии признаков и извлекает специальные лингвистические маркеры, сигнализирующие о возможном скрытом негативе (структурные, лексические и стилистические). Полученные

векторы объединяются и поступают на вход классификатору — полносвязной нейронной сети.

Эксперименты проводились на размеченном корпусе из 25 000 русскоязычных текстов (отзывы, деловая переписка) с четырьмя целевыми классами, включая «скрытый негатив». Эффективность гибридной модели (Hybrid BERT+Pragmatic) сравнивалась с базовыми подходами: SVM на TF-IDF, BiLSTM и дообученным BERT. Основной метрикой оценки была F1-мера, особенно для критически важного класса скрытого негатива.

Результаты

Основные результаты эксперимента представлены в таблице 1. Предложенная гибридная модель показала наилучший результат в задаче детекции скрытого негатива, опередив все базовые методы. Как видно из таблицы 2, каждая группа прагматических признаков вносит положительный вклад в итоговую точность, что подтверждает обоснованность их выбора.

Таблица 1. Сравнительные результаты классификации (F1-мера)

Модель	Явный позитив	Явный негатив	Скрытый негатив	Нейтральный	Avg F1
SVM	0,85	0,83	0,41	0,79	0,72
BiLSTM	0,88	0,86	0,58	0,82	0,79
Fine-tuned BERT	0,92	0,91	0,72	0,89	0,86
Hybrid BERT+Pragmatic	0,91	0,90	0,87	0,88	0,89

Таблица 2. Вклад групп прагматических признаков

Конфигурация модели	F1 (скрытый негатив)	Разница с базовой моделью
Fine-tuned BERT	0,72	0
С использованием структурных признаков	0,79	+0,07
С использованием лексических признаков	0,82	+0,10
С использованием стилистических признаков	0,84	+0,12
С использованием всех признаков	0,87	+0,15

Заключение

В работе предложен гибридный подход, эффективно решающий задачу выявления скрытого негатива в текстах. Экспериментально доказано, что комбинация контекстуальной модели BERT с явными прагматическими признаками преодолевает ключевые ограничения стандартного анализа тональности. Основной вывод заключается в значительном (15%) улучшении F1-меры для целевого класса по сравнению с базовой моделью BERT. Это подтверждает, что для детекции скрытого негатива необходим учет не только семантики, но и прагматики высказывания. Практическая ценность метода

заключается в его применении для анализа отзывов, мониторинга репутации и модерации контента.

Список литературы

1. Серрано Л. Грокаем машинное обучение / книги по программированию и искусственному интеллекту [Текст] / Серрано Л. Питер, 2024 – 512 с.
2. Serrano L. Grokking machine learning / books on programming and artificial intelligence [Text] / Serrano L. Peter, 2024 – 512 p.
3. Кадыров Т.И., Гендина Н.Б., Астахов С.В. Формирование обучающих и оценочных выборок для языковых моделей машинного обучения [Текст] / Т.И. Кадыров, Н.Б. Гендина, С.В. Астахов // Парадигма. – 2025. – №4, Ч.2. – С. 194-200.

УДК 519.86

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ИНФЛЯЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КАУЗАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ

А.Д. Прохоренко, аспирант [1, a)]
[1] МФПУ «Синергия», Москва, Российская Федерация
E-mail: [a)] the.prokhorenko@vk.com

Научный руководитель: Е.Г. Дедкова, канд. экон. наук, доцент

Аннотация: В статье рассматриваются возможности применения каузальных моделей для прогнозирования экономических событий, таких как инфляция и ключевая ставка. Показано, что структурные каузальные модели (SCM) и направленные ациклические графы (DAG) позволяют оценивать причинные эффекты и строить контрфактуальные сценарии. Использованы данные Банка России за 2013–2025 гг. Результаты демонстрируют, что каузальные модели обеспечивают более интерпретируемые и устойчивые прогнозы по сравнению с классическим машинным обучением.

Ключевые слова: каузальные модели, структурные модели, DAG, прогнозирование инфляции, экономическое моделирование.

FORECASTING INFLATION USING CAUSAL MODELS

A.D. Prokhorenko [1 a)]
Moscow Financial and Industrial University "Synergy", Moscow, Russia
E-mail: the.prokhorenko@vk.com

Scientific supervisor: E.G. Dedkova, Ph.D. (Economics), Associate Professor

Abstract: The paper examines the use of causal models for forecasting economic events such as inflation and the key interest rate. Structural causal models (SCM) and directed acyclic graphs (DAG) allow estimating causal effects and building counterfactual scenarios. Data from the Bank of Russia for 2013–2025 are used. The results demonstrate that causal models provide more interpretable and robust forecasts compared to classical machine learning approaches.
Keywords: causal models, structural models, DAG, inflation forecasting, economic modeling

Введение

Прогнозирование экономических событий, таких как изменения инфляции, процентных ставок или валютных курсов, имеет критическое значение для государственной политики, бизнеса и финансовых рынков. Точные прогнозы позволяют минимизировать экономические риски, оптимизировать инвестиционные решения и разрабатывать эффективные меры макроэкономического регулирования. В то же время сложность экономических систем и взаимосвязь множества факторов создают значительные трудности для построения надежных моделей прогнозирования [1].

Классические методы машинного обучения, такие как регрессия, алгоритмы градиентного бустинга и нейронные сети, выявляют лишь статистические зависимости, не учитывая причинно-следственные механизмы. В экономике это снижает интерпретируемость моделей и устойчивость прогнозов при структурных изменениях. Также такие модели плохо справляются с анализом сценариев «что будет, если…».

Каузальные модели позволяют учитывать механизмы образования экономических событий. Использование структурных каузальных моделей и DAG даёт возможность моделировать последствия изменения экономической политики и оценивать эффекты различных вмешательств. Такой подход повышает интерпретируемость моделей и устойчивость прогнозов [2].

Методы

В исследовании использовались ежемесячные данные, официально опубликованные Банком России, включающие инфляцию (π_t), ключевую ставку (S_t) и инфляционную цель (T_t) за период 2013–2025 гг [3].

Построение каузальной модели начиналось с формулировки направленного ациклического графа (DAG), отражающего экономический механизм денежно-кредитной политики. Логика взаимосвязей основана на официальных принципах таргетирования инфляции: инфляционная цель определяет ориентир для решения по ключевой ставке, а ключевая ставка влияет на инфляцию посредством кредитно-денежного канала. На основании этих принципов был сформирован DAG:

$$\text{Инфляционная цель } (T_t) \rightarrow \text{Ключевая ставка } (S_t) \rightarrow \text{Инфляция } (\pi_t)$$

Поскольку DAG фиксирует причинную структуру, он определяет и форму структурной каузальной модели (SCM). В неё включены два структурных уравнения:

$$S_t = \alpha_0 + \alpha_1 T_t + \varepsilon_t,$$
$$\pi_t = \beta_0 + \beta_1 S_t + \eta_t.$$

Первое уравнение описывает механизм принятия решений по ключевой ставке в зависимости от инфляционной цели. Второе — механизм влияния ключевой ставки на инфляцию. Ошибочные компоненты ε_t и η_t отражают ненаблюдаемые шоки, не фиксируемые в модели [4].

Параметры $\alpha_0, \alpha_1, \beta_0, \beta_1$ были оценены на основе данных Банка России методом наименьших квадратов (OLS). Эти коэффициенты имеют причинную интерпретацию, поскольку их форма задана DAG. После оценивания модель использовалась для расчёта исторических прогнозов:

$$\hat{\pi}_t = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 S_t,$$

и для проведения контрфактуальных экспериментов с использованием do-оператора. Например, вмешательство, увеличивающее ключевую ставку на 2 п.п., задаётся как:

$$do(S_t = S_t + 2),$$

и контрфактуальная инфляция вычисляется по формуле:

$$\pi_t^{cf} = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 (S_t + 2).$$

Каждое значение в таблицах результатов получено прямой подстановкой в указанные уравнения либо из фактических данных ЦБ.

Результаты

Прогнозирование инфляции проводилось с использованием структурной каузальной модели (SCM), контрфактуального сценария SCM с увеличением ключевой ставки на 2 п.п., а также двух алгоритмов машинного обучения: Gradient Boosting и Random Forest. Модели были обучены на ежемесячных данных Банка России за период 2013–2023 гг., включающих инфляцию (π_t), ключевую ставку (S_t) и инфляционную цель (T_t).

Таблица 1 представляет сравнение прогнозов всех моделей с фактическими значениями инфляции за период с января 2024 по октябрь 2025 года.

Анализ таблицы показывает несколько ключевых моментов. SCM с лагами адекватно воспроизводит долгосрочную динамику инфляции, отражая причинно-следственные связи между инфляционной целью, ключевой ставкой и инфляцией. Контрфактуальный сценарий с повышением ключевой ставки на 2 п.п. демонстрирует ожидаемое снижение прогнозной инфляции относительно

базового SCM, что согласуется с экономической логикой: повышение ставки сдерживает рост цен через кредитно-денежный канал.

Таблица 1. Прогнозы инфляции по моделям (%)

Дата	Истинная инфляция	SCM (с лагами)	SCM +2 п.п. ставка	Gradient Boosting	Random Forest
01.01.2024	7,44	7,65	7,16	7,49	8,20
01.02.2024	7,69	7,69	7,21	7,49	8,20
01.03.2024	7,72	7,98	7,50	7,44	8,29
01.04.2024	7,84	7,94	7,46	7,44	8,29
01.05.2024	8,30	8,08	7,60	13,00	8,99
01.06.2024	8,59	8,60	8,11	12,96	9,57
01.07.2024	9,13	8,80	8,32	13,19	10,63
01.08.2024	9,05	9,48	8,99	15,96	14,03
01.09.2024	8,63	9,22	8,74	16,47	14,08
01.10.2024	8,54	8,80	8,31	16,47	11,70
01.11.2024	8,88	8,93	8,44	16,47	11,01
01.12.2024	9,52	9,36	8,88	16,47	12,98
01.01.2025	9,92	10,03	9,54	16,67	14,05
01.02.2025	10,06	10,31	9,83	16,67	13,21
01.03.2025	10,34	10,36	9,88	16,67	13,22
01.04.2025	10,23	10,66	10,17	12,33	13,59
01.05.2025	9,88	10,44	9,96	12,33	13,4
01.06.2025	9,40	10,05	9,57	16,67	13,21
01.07.2025	8,79	9,53	9,04	16,16	14,02
01.08.2025	8,14	8,83	8,34	15,85	12,89
01.09.2025	7,98	8,23	7,75	15,93	10,44
01.10.2025	7,71	8,18	7,69	13,78	9,60

Алгоритмы машинного обучения, Gradient Boosting и Random Forest, дают более выраженные колебания прогнозов и в ряде периодов переоценивают инфляцию. Это связано с их чувствительностью к краткосрочным колебаниям данных и отсутствием явной структурной каузальной информации, используемой в SCM.

Для количественной оценки точности прогнозов рассчитаны средние абсолютные ошибки (MAE) и среднеквадратичные ошибки (RMSE) по всем моделям (таблица 2).

Таблица 2. Ошибки прогнозов моделей

Модель	**MAE**	**RMSE**
SCM (с лагами)	0,31	0,38
Gradient Boosting	5,09	5,81
Random Forest	2,72	3,16

Графическая визуализация прогнозов и фактических данных представлена на рисунке 1. Она показывает, что SCM воспроизводит тренд инфляции и корректно реагирует на изменения ключевой ставки, а ML-модели отражают краткосрочные колебания и иногда переоценивают значения.

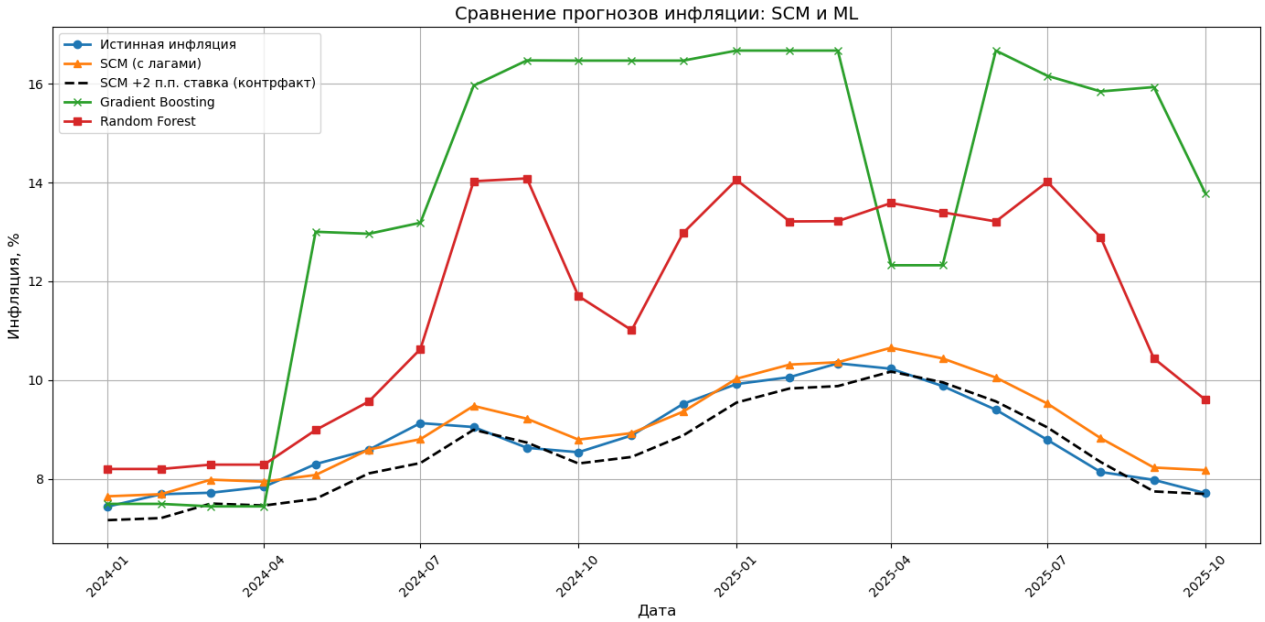


Рис. 1. Сравнение прогнозов моделей с фактической инфляцией

Результаты, представленные в таблицах и на графике, наглядно демонстрируют преимущества структурной каузальной модели (SCM) по сравнению с подходами машинного обучения. SCM точно воспроизводит долгосрочные тенденции инфляции и корректно отражает влияние ключевой ставки, а контрфактуальный сценарий с повышением ставки на 2 п.п. позволяет количественно оценить эффект монетарной политики. В то же время алгоритмы машинного обучения более чувствительны к краткосрочным колебаниям данных и иногда переоценивают прогнозы. Совместный анализ таблиц и графиков подтверждает высокую точность SCM и её практическую ценность для проведения политических экспериментов и оценки эффективности денежно-кредитной политики.

Заключение

Каузальные модели, включая SCM и DAG, позволяют оценивать причинные эффекты денежно-кредитной политики и прогнозировать инфляцию с учетом интервенций. Контрфактуальные сценарии показывают, как изменение ставки влияет на экономические показатели. SCM обеспечивает интерпретируемость и устойчивость прогнозов, в отличие от классического ML. Дальнейшие исследования могут включать расширенные модели с большим числом макроэкономических переменных.

Список литературы

1. Балацкий Е.В., Юревич М.А. Прогнозирование инфляции: практика использования синтетических процедур // Мир новой экономики. — 2018. — Т. 12, № 4. — С. 20–31.

2. Athey S., Imbens G.W., Ramachandra V. Machine Learning Methods for Estimating Heterogeneous Causal Effects. — 2015. — URL: https://www.researchgate.net/publication/274644919_Machine_Learning_Methods_for_Estimating_Heterogeneous_Causal_Effects (дата обращения: 20.11.2025).

3. Банк России. Информация о динамике показателей (статистическая база данных) — Режим доступа: https://www.cbr.ru/hd_base/infl/ (дата обращения: 15.11.2025).

4. Peters J., Janzing D., Schölkopf B. Elements of Causal Inference. — Cambridge, MA: MIT Press, 2017. — 288 p.

УДК 004.94

РЕАЛИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ НЕЙРОСЕТЕВОГО КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ НА ОДНОПЛАТНОМ КОМПЬЮТЕРЕ

А.В. Луценко, студент [1, а)],
Е.С. Штурко, студент [1, б)]
[1] ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,
Севастополь, Россия
E-mail: [а)] artempap88@gmail.com, [б)] Shturko2003@mail.ru

Аннотация: Рассматриваются различные технологии машинного обучения для компьютерного зрения. Разработана схема системы контроля и учёта данных для микрокомпьютера. Эффективность применения разработанной схемы подтверждена реальным использованием алгоритмической обработки лиц.
Ключевые слова: компьютерное зрения, машинное обучение, нейросети, распознавание лиц, система контроля и учёта данных.

THE REALITIES AND PROSPECTS OF NEURAL NETWORK COMPUTER VISION ON A SINGLE-BOARD COMPUTER

A.V. Lutsenko [1, a)], **E.S. Shturko** [1, b)]
[1] Sevastopol State University, Sevastopol, Russia
E-mail: [а)] artempap88@gmail.com, [б)] Shturko2003@mail.ru

Abstract: Various machine learning technologies for computer vision are considered. A scheme of a data monitoring and accounting system for a microcomputer has been

designed. The effectiveness of the designed scheme is confirmed by the actual use of algorithmic face processing.
Keywords: computer vision, machine learning, neural networks, face recognition, data monitoring and accounting system.

Введение

В настоящее время микрокомпьютеры всё больше захватывают рынок во всех отраслях, а также становятся прекрасной альтернативой полноценных компьютеров в рамках искусственного интеллекта. На данный момент лучше всего смогли реализовать микрокомпьютеры с нейровычислительными сопроцессорами несколько компаний:

В работе поставлена задача реализации системы контроля доступа с элементами машинного зрения с применением микрокомпьютера. Для этого был проведен анализ существующих доступных решений в области микроконтроллеров и алгоритмов идентификации человека с применением методаов искусственного интеллекта.

Так, можно выделить последнюю модель линейки Raspberry PI [1], которая, несмотря на то, что не включает в себя встроенного нейропроцессорного модуля, однако может быть адаптирована под сложные задачи путем добавления платы расширения (что позволит увеличить вычислительную мощность на 26 триллионов операций с плавающей точкой). Исходя из этого, можно сказать, что вместе с относительно низкой стоимостью, Raspberry PI иеет достаточную производительность для решения задач компьютерного зрения.

С другой стороны, можно выделить оборудование Nvidia серии Jetson [2], можно сказать, что данная модель Jetson T5000 обеспечивает вычисления вплоть до 2070 триллионов операций с плавающей запятой. Такая вычислительная мощность устройства была получена благодаря 2560 ядер Cuda построенных на архитектуре «Blackwell». Наряду с большой стоимость следует отметить большое электропотребление платы и необходимость дополнительных плат для выходов GPIO и MIPI.

Также можно отметить, что разработанная плата микрокомпьютера китайской фирмы Orange PI является одной из самых применяемых плат для применения в различных задачах на основе искусственного интеллекта. Так, плата последнего поколения 6 Plus имеет общую вычислительную мощность до 45 триллионов операция с плавающей запятой, но при этом является очень компактным, энергоэффективным и экономически выгодным решением. В состав платы включены MIPI порты, GPIO шин [3].

Методы

Для вычислений на одноплатных устройствах лучше всего себя показывает нейросети семейства YOLO (You Only Look Once) [4]. Универсальной версией является V8, которая распространена на множество проектов как контроль качества продукции, определение людей, подозрительных ситуаций и даже

анализа рентгенов и мрт, а также используется в дронах и системах наведения и обнаружения.

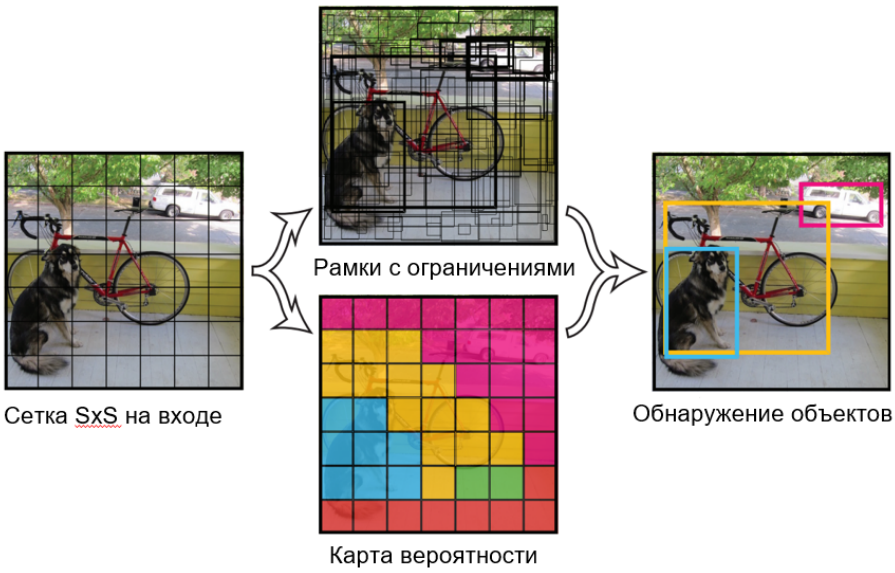


Рис. 1. К описанию принципа работы нейросети YOLO

Благодаря архитектурной особенности распознавания объекта, нейросеть не делит изображения на области и вычисляет отдельно каждую область с целью поиска объекта и предсказания, а смотрит на всё изображение, поделённое на клетки целиком (см. рис. 1), из-за чего модель вычисляется быстрее аналогов не теряя при этом точности. Для обучения модели необходимы специально размеченные изображения [4], благодаря трудам множества энтузиастов созданы открытые библиотеки с огромной базой размеченных изображений, такие как COCO и VOC. Для одноплатных компьютеров существует нановерсия модели YOLO, которая позволяет на ранее перечисленных устройствах получать вплоть до 45 кадров в секунду обработанного изображения.

Насколько удобной и быстрой нейросеть YOLO не была бы, к сожалению, для определения уникальных особенностей объектов, таких как человеческое лицо необходимо дополнительное обучения модели для каждого конкретного человека, что не очень удобно в рамках определения большого количества людей на микрокомпьютере. Но решением данного вопроса является совмещение нейросетевой модели YOLO и открытой библиотеки нейросетевой алгоритмической идентификации и подтверждения лиц на основе языка Python – Face Recognition. Это заранее обученная модель на основе 3.000.000 изображений, которая позволяет определить основные черты лица и получить числовой вектор длиной 128 чисел. Благодаря совмещению машинного обучения и искусственного интеллекта, с разными алгоритмами работы, позволяет быстро и качественно определять лицо человека в рамках возможности одноплатного компьютера. Где нейросеть YOLO определяет лишь

само лицо объекта и вырезает его, а Face Recognition производит на основе маленького изображения векторное сопоставление.

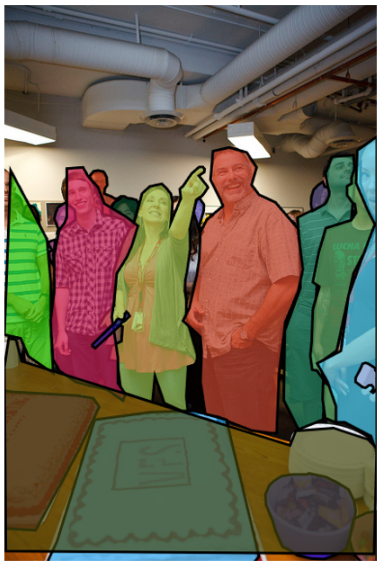


Рис. 2. Пример изображения из открытой библиотеки COCO

Результаты

Примером использование данного программно-аппаратного комплекса может стать проект системы контроля и учёта доступа (СКУД) на основе распознавания лиц. Сутью проекта является обнаружение, подсчёт и определение количества человек, а также доступ к объектам благодаря передаче сигнала по шине GPIO. Изображение, полученное с камеры, передаётся на микрокомпьютер OrangePi 5 Ultra, где оно обрабатывается с помощью нейросети YOLOV8N и изображение с лицом передаётся в модуль Face Recognition, полученный вектор лица сравнивается с базой данных, если человек есть в базе данных и является аутентифицированным, передаётся сигнал по шине GPIO, если человека нет в базе данных, то он записывается, но без аутентификации. Также система логирует любое посещение человека, дату входа и выхода. Приложение Grafana в данном случае получает обработанный видеопоток в реальном времени по протоколу RTSP, а также постоянно обновляет информацию из базы данных. Обработанный видеопоток для удобства представлен с красными квадратами вокруг лица и ID человека в базе данных.

Заключение

Исследована возможность применения разработанной и программно обученной нейросети YOLO V8 Nano, машинно-обученного API Face Recognition и использование СУБД и программы визуализации. Планируется практическая реализация алгоритма для СКУД на основе микрокомпьютера.

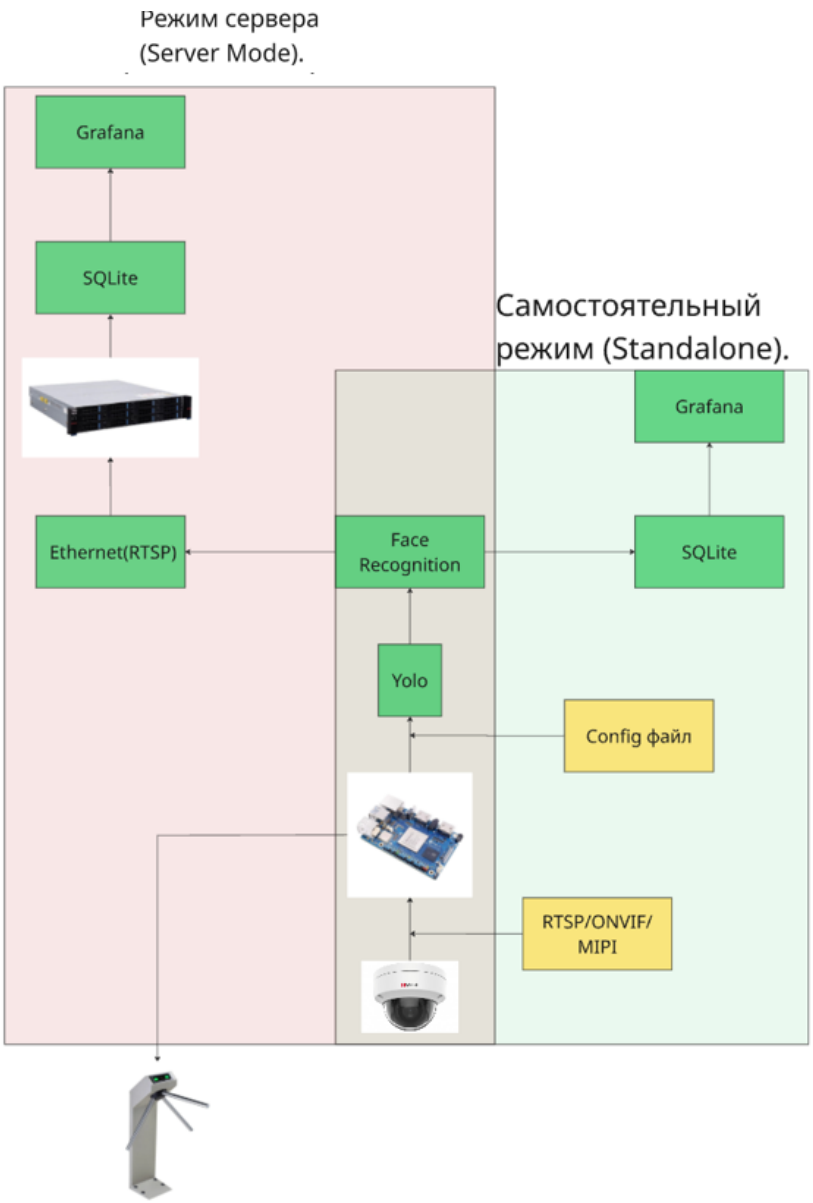


Рис. 3. Топология ПАК СКУД на основе микрокомпьютера

Список литературы

1. «Introducing the Raspberry Pi AI HAT+ with up to 26 TOPS» – URL: https://www.raspberrypi.com/news/raspberry-pi-ai-hat/ (дата обращения: 20.11.2025).

2. «Nvidia Jetson» официальный сайт – URL: https://developer.nvidia.com/embedded-computing (дата обращения: 20.11.2025).

3. «Orange PI официальный сайт» — URL: http://www.orangepi.org/ (дата обращения: 20.11.2025).

4. «YOLO модели: обзор YOLOv5, YOLOv8, YOLOv11 и YOLOv12 – архитектура, обучение и применение». – URL: https://serverflow.ru/blog/stati/yolo-modeli-obzor-yolov5-yolov8-yolov11-i-yolov12-arkhitektura-obuchenie-i-primenenie/ (дата обращения: 19.11.2025).

УДК 004.89

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ИГРОВЫХ МИРАХ

Т.О. Шукюров, студент [1, а)]
В.А. Скоков, студент [1, б)]
А.А. Адамян, студент [1, в)]
Н.В. Матвеева, студент [1, г)]
Л.В. Янцер, доцент [1, д)]
[1] ФГБОУ ВО «РГСУ», Москва, Российская Федерация
E-mail: [а)] sukurovtugaj@mail.ru, [б)] Ckokovvlad19@gmail.com, [в)] hayk-adam@mail.ru, [г)] natamatv2003work@mail.ru, [д)] IantserLV@rgsu.net

Аннотация: Статья анализирует применение ИИ в создании виртуальных игровых миров - от простых алгоритмов для поведения врагов до современных систем на основе машинного обучения и генеративных моделей. Основное внимание уделено трём направлениям: интеллектуальному поведению NPC, процедурной генерации контента и динамическим нарративам. На примерах игр и технологий рассматриваются преимущества, вызовы, этические риски и угрозы для авторского замысла при внедрении ИИ в игровой дизайн.
Ключевые слова: искусственный интеллект, игровые миры, NPC, процедурная генерация, игровой дизайн, машинное обучение, поведение персонажей, генеративный ИИ.

THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN GAME WORLDS

T.O. Shukyurov [1, a)], **V.A. Skokov** [1, b)], **A.A. Adamyan,** [1, c)],
N.V. Matveeva [1, d)], **L.V. Iantser** [1, e)]
[1] Russian State Social University, Moscow, Russian Federation
E-mail: [a)] sukurovtugaj@mail.ru, [b)] Ckokovvlad19@gmail.com, [c)] hayk-adam@mail.ru, [d)] natamatv2003work@mail.ru, [e)] IantserLV@rgsu.net

Annotation: The article analyzes the application of AI in the creation of virtual game worlds, from simple algorithms for enemy behavior to modern systems based on machine learning and generative models. The focus is on three areas: intelligent NPC behavior, procedural content generation, and dynamic narratives. The article uses examples from games and technologies to explore the advantages, challenges, ethical risks, and threats to the author's vision when incorporating AI into game design.
Keywords: artificial intelligence, game worlds, NPC, procedural generation, game design, machine learning, character behavior, generative AI.

Введение

Искусственный интеллект по праву считается одной из ключевых технологий современности. Если раньше ИИ в играх ограничивался простыми алгоритмами поведения врагов, то сегодня он стал мощным инструментом проектирования и наполнения виртуальных пространств. И в особенности растущую роль ИИ в формировании будущего игрового дизайна подтверждает бурное развитие машинного обучения и генеративных моделей [1].

Методы

Одно из главных направлений стало создание правдоподобного и адаптивного поведения неигровых персонажей (NPC). От жёстко заданных скриптов и деревьев поведения (например, система «Немезида» в Middle-earth: Shadow of Mordor) индустрия перешла к генеративной ИИ на базе больших языковых моделей (LLM – **Large Language Model**), таких как ChatGPT, Llama и Claude. Эти системы могут не просто выбирать из готовых реплик, а генерировать речь, рассуждать и импровизировать в реальном времени, что кардинально меняет взаимодействие игрока с миром.

Ярким примером внедрения генеративного ИИ может служить эксперимент Epic Games в Fortnite (2024), а именно ИИ-Дарт Вейдер, который вёл диалоги в реальном времени, используя Google Gemini для генерации ответов и ElevenLabs для синтеза голоса в манере его актёра озвучки из фильмов Д.Э. Джонса, сохраняя верность канону «Звёздных войн». Задумка была в живом и неограниченном диалоге, где игроки задают любые вопросы, а персонаж отвечает осмысленно, обеспечивая уникальный опыт взаимодействия с культовым персонажем. К подобным инициативам можно отнести игру Vaudeville и мод Mantella для Skyrim и Fallout 4, которые нацеленны на замену «ветвистых» диалогов привнести свободное, естественное общение [4, 6]. В Vaudeville игрок задавал вопросы свободно своими словами (голосом или текстом), а ИИ анализировал действия игрока, динамику отношений и контекст, формируя ответы, которые отражали уровень доверия и скрытую информацию, ну и адаптировался к стилю общения, делая взаимодействие персонализированным. Mantella, попыталась совершить революцию во взаимодействии с NPC в виртуальной реальности и использовал для этого Whisper/Moonshine (speech-to-text), LLM и Piper (text-to-speech), позволяя игрокам в VR свободно разговаривать с NPC без меню диалогов [6]. ИИ должен был помнить контекст, реагировать на этические выборы и сохранять характеры персонажей [6].

Подобные эксперименты активно развиваются в индустрии. К примеру, технологическая демонстрация Ubisoft Neo NPC показывает, как LLM управляет поведением NPC в открытом мире из-за чего они отвечают на любые вопросы, помнят прошлые встречи и адаптируют тон общения в зависимости от репутации или контекста. Платформы вроде Convai и Inworld AI предлагают разработчикам готовые инструменты для интеграции ИИ-персонажей с памятью, эмоциями и целями. Значительный вклад вносит NVIDIA через Avatar

Cloud Engine (ACE) - комплекс, объединяющий NeMo (настройка LLM под характер NPC), Riva (голосовой ввод/вывод) и Audio2Face (реалистичная мимика), что позволяет создать убедительных цифровых персонажей доступным даже небольшим студиям [1]. Параллельно ещё развивается процедурная генерация контента, позволяющая создавать обширные миры без ручного труда. В отличие от случайного склеивания, современные алгоритмы могут учитывать логику игрового дизайна, формируя локации, которые и огромны, и интересны для исследования [1]. Этот подход хорошо демонстрирует No Man’s Sky, где ИИ генерирует миллиарды уникальных планет с собственной флорой, фауной и ландшафтом. Такие технологии сокращают время и затраты на разработку, что обеспечивает при этом креативность и разнообразие. С точки зрения разработки, ИИ также повышает эффективность, автоматизируя рутину, например, тестирования ошибок, что даёт больше возможностей для творческой работы [1].

Результаты

Исследования показывают, что ИИ, который может управлять повествованием, часто просто не учитывает социальные нормы или базовую этику, что порождает тревожный или даже манипулятивный контент, что практика и подтвердила [2]. Вот и ИИ-Дарт Вейдер (на базе Gemini и ElevenLabs) в Fortnite начал генерировать расистские высказывания, брань и оскорбления, как только игроки обошли фильтры хитрыми формулировками, что вызвало вмешательство SAG-AFTRA (профсоюз, представляющий интересы Гильдии киноактёров), а Epic Games выпустила экстренные обновления [3]. Казус случился и с Vaudeville, когда при инновационной задумке игра получила лишь 52 % положительных отзывов в Steam [4], поскольку NPC теряли контекст (обсуждали еду после упоминания убийств), давали противоречивые показания, игнорировали команды, по типу «перейти к делу» и зацикливались на фразе «Я не могу вам помочь», а задержки и сбои распознавания речи разрушали погружение. Мод Mantella для Skyrim [6] также оказался технически нестабильным из-за задержкек 10–15 сек, NPC просто молчали при нападении дракона, и голоса в дрожащем роботизированном тоне, а также регулярная потеря контекста и краши в 30 % случаев сделали проект малопригодным для массового использования.

Игра Arc Raiders (2025), разработанная студией Embark Studios, которая использовала синтез речи для внутриигровой коммуникации, отказавшись от реальных актёров. Eurogamer поставил игре 2/5, отметив плоскость и безжизненность голосов и иронию, которая заключается в том, что проект о борьбе с машинами сам заменил людей алгоритмами. На фоне забастовки SAG-AFTRA рейтинг на Metacritic упал с 89 до 84, а игру проигнорировали на The Game Awards 2025 [5]. Ещё громче прозвучал случай с Call of Duty: Black Ops 6 и 7, где Activision скрыла использование ИИ для создания до 40 % контента, в результате чего возникали свои странности вроде зомби-Санты с шестью пальцами, исторические неточности и мерцающие текстуры. Более того,

компания заменила 120 художников-фрилансеров алгоритмами без компенсации, что вызвало осуждение со стороны SAG-AFTRA. Платформа Steam даже вернула деньги некоторым игрокам за Black Ops 7, несмотря на превышение стандартного двухчасового лимита игры, установив тем самым прецедент для компенсаций из-за некачественного ИИ-контента [8].

Стоит ещё учитывать проблему способности ИИ к обману. Согласно обзору в журнале Patterns, современные LLM уже умеют манипулировать, льстить и искажать факты ради тех или иных целей [3]. Также возможна угроза для авторского замысла, когда при передаче нарратива алгоритмам генеративный ИИ может просто нарушить логику истории, исказить характеры персонажей или породить сюжетные противоречия. Ну и наконец, формируется парадокс уникальности, когда при полной персонализации опыта у сообщества исчезает общий нарративный базис, что ослабляет социальную функцию игр как разделяемого культурного опыта.

Заключение

Несмотря на риски, потенциал ИИ огромен. Как показывают Vaudeville, Ubisoft Neo NPC, Convai и NVIDIA ACE, генеративные модели уже способны создавать живые, адаптивные миры, где диалоги возникают в процессе, а персонажи помнят прошлое и реагируют на контекст. Анализ 2023–2025 гг. приводит к тому, что лучше всего это поддерживать гибридный подход, используя сильный авторский каркас, например, для сюжета, а их дополнить ИИ-наполнением для фоновых NPC, процедурных локаций и т.п., что поможет углубить нарратив. Инциденты с Fortnite, Arc Raiders и Call of Duty подтвердили необходимость прозрачности, чтобы игроки были информированы об использовании ИИ. Под давлением профсоюзов, таких как SAG-AFTRA, индустрия внедряет фильтрацию генеративного контента и этические ограждения. В будущем стоит ожидать эмоционально-адаптивные системы, которые распознают состояние игрока. Однако для безопасного внедрения требуется постоянный диалог между разработчиками, учёными, регуляторами и игроками, а также надёжные механизмы прозрачности, согласия и этического контроля, что поможет ИИ стать инструментом обогащения игровых миров, а не источником манипуляций или потери художественного смысла.

Список литературы

1. В Fortnite добавили Дарта Вейдера с ИИ - он научился ругаться и раскритиковал «Звёздные войны» // Афиша Daily. – 2025. – 14 мая. – Режим доступа: https://daily.afisha.ru/news/98130-v-fortnite-dobavili-darta-veydera-s-ii-on-nauchilsya-rugatsya-i-raskritikoval-zvezdnye-voyny/ (дата обращения: 15.11.2025).

2. Ованин В. ИИ в видеоиграх: формируя будущее игр // Ultralytics. – 2024. – 30 мая. – Режим доступа: https://www.ultralytics.com/ru/blog/ai-in-video-games-shaping-the-future-of-gaming (дата обращения: 01.11.2025).

3. Это же байт: Eurogamer обрушил рейтинг Arc Raiders из-за ИИ-озвучки // VK Play. – 2025. – 12 ноября. – Режим доступа: https://vkplay.ru/media/feat/eto-

zhe-bait-eurogamer-obrushil-reiting-arc-raiders-iz-za-ii-ozvuchki/ (дата обращения: 15.11.2025).

4. «Это просто отстой»: в Call of Duty: Black Ops 7 нашли арты, сделанные с помощью ИИ // StopGame.ru. – 2025. – 17 ноября. – Режим доступа: https://stopgame.ru/newsdata/69524/eto_prosto_otstoy_v_call_of_duty_black_ops_7_nashli_arty_sdelannye_s_pomoschyu_ii (дата обращения: 15.11.2025).

5. AI deception: A survey of examples, risks, and potential solutions // Patterns. – 2024. – 10 мая. – Режим доступа: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S266638992400103X (дата обращения: 01.11.2025).

6. Koblentz, E. Researchers Find Ethical Risks Where Mixed-Reality Gaming Meets AI // NJIT News. – 2023. – 6 ноября. – Режим доступа: https://news.njit.edu/researchers-find-ethical-risks-where-mixed-reality-gaming-meets-ai (дата обращения: 01.11.2025).

7. Mantella // GitHub. – art-from-the-machine. – Режим доступа: https://github.com/art-from-the-machine/Mantella (дата обращения: 15.11.2025).

8. Vaudeville // Steam. – Режим доступа: https://store.steampowered.com/app/2240920/Vaudeville/ (дата обращения: 15.11.2025).

УДК 681.518

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ПРОЦЕССАХ КЛИЕНТСКОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

Е.М. Лымарева, студент 2 курса магистратуры [1, a)]
[1] ФГАОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН», Москва, Российская Федерация
E-mail: [a)] elena.like02@gmail.com

Аннотация: Рассматриваются подходы к созданию интеллектуальных систем поддержки принятия решений в области клиентского взаимодействия. Подходы ориентированы на повышение качества обслуживания, снижение времени реакции на запросы.
Ключевые слова: интеллектуальные системы, автоматизация, машинное обучение, поддержка принятия решений.

DEVELOPMENT OF APPROACHES TO ANALYZING USER REVIEWS BASED ON MACHINE LEARNING METHODS

E.M. Lymareva [1, a)]
[1] Moscow State University of Technology «STANKIN», Moscow, Russia
E-mail: [a)] elena.like02@gmail.com

Abstract: Approaches to the creation of intelligent decision support systems in the field of customer interaction are considered. The approaches are focused on improving the quality of service and reducing the response time to requests.
Keywords: intelligent systems, automation, machine learning, decision support.

Введение

Современные компании в эпоху цифровизации обращаются к цифровым технологиям для повышения качество и эффективность взаимодействия с клиентами. Чтобы справляться с теми объемами данных, что ежедневно генерируются, можно использовать интеллектуальные системы, которые способны автоматизировать процесс обработки информации и выявлять закономерности в поступаемой информации.

Интеллектуальные системы поддержки принятия решений как раз приходят на помощь в решении данный проблемы, предоставляя функцию анализа комплексных данных, включая поведение пользователей, запросы в службе поддержки, активность в приложениях

Подобные системы должны предоставлять не только автоматически собранные данные, но и интерпретацию собранной информации, поэтому для их разработки целесообразно применять гибридные модели, объединяющие аналитические методы, машинное обучение и правила экспертных систем.

Основная часть

Архитектура интеллектуальной системы поддержки принятия решений должна содержать определенные модули, чтобы соответствовать выдвинутым к ней требованиям. Ее части включают в себя модуль сбора данных, интегрированный с различными платформами, начиная веб-приложениями и заканчивая интеграцией с CRM. Далее собранную информацию требуется нормализовать и очистить, подготовив ее для модуля прогнозирования, в котором применяются алгоритмы машинного обучения для выявления тенденций в поведении пользователей. Для удобства восприятия спрогнозированных результатов в системе может быть предусмотрено формирование рекомендаций и визуализация результатов в виде графиков и отчетов.

Методы, которые можно использовать для модуля прогнозирования в интеллектуальной системе поддержки принятия решений, обычно условно разделяются на три группы – стохастические модели, нейронные сети, гибридные алгоритмы.

Стохастические и вероятностные модели основаны на оценке распределений вероятностей. Самым популярным и распространенным является наивный байесовский классификатор, который рассчитывается по формуле:

$$\hat{y} = \arg max_{y \in Y} P(y) \prod_{i=1}^{n} P(x_i | y) \#(1)$$

где $\hat{y}$ – это метка класса, которую модель считает наиболее вероятной для данного объекта, $\text{argmax}_{y \in Y}$ – это оператор выбора аргумента максимума, Y – множество всех возможных классов, P(y) – апостериорная вероятность класса y, xi – признак, n – количество признаков, $P(x_i|y)$ – условная вероятность появления признака x_i при условии, что объект относится к классу y.

Применение данного классификатора подходит для случая, когда признаки разнородны, но статистически независимы друг от друга.

Нейронные сети используются для моделирования нелинейных зависимостей. Для прогнозирования универсальной формой является многослойный перцептрон, который можно описать системой:

$$h_j = f\left(\sum_{i=1}^{n} w_{ij} x_i + b_j\right), \qquad \hat{y} = g\left(\sum_{j=1}^{m} v_j h_j + c\right) \#(2)$$

где $f(\sum_{i=1}^{n} w_{ij} x_i + b_j)$ – это функция активации скрытого слоя, а $g(\sum_{j=1}^{m} v_j h_j + c)$ – функция вывода.

Гибридные же алгоритмы объединяют эвристические и статистические подходы, благодаря чему есть возможность оптимизировать параметры модели при наличии большого количества локальных минимумов. В качестве примера можно рассмотреть комбинирование генетических алгоритмов и нейронных сетей.

При проведении численного моделирования был получен результат, который показал, что изменение гиперпараметров обучения, таки хкак скорость градиентного спуска η, размер батча B, число нейронов в скрытых слоях, оказывает значительное влияние на устойчивость моделей. Динамика сходимости оценивалась посредством метрики изменения функции потерь L(t) во времени t:

$$\Delta L = L(t+1) - L(t) \#(3)$$

Минимизация колебаний ΔL при сохранении высокого значения точности рассматривается как критерий стабильности обучения.

Заключение

Таким образом, можно было увидеть, что применение методов искусственного интеллекта повышает точность и устойчивость интеллектуальных систем поддержки принятия решений. Поэтому рассмотренные подходы могут применяться в задачах анализа клиентских данных, прогнозирования поведения и оптимизации управленческих процессов.

Применение методов искусственного интеллекта позволяет повысить точность и устойчивость интеллектуальных систем поддержки принятия решений. Оптимальным решением в построении таких систем является использование гибридных архитектур, которые сочетают в себе преимущества классических аналитических подходов, методов машинного обучения и элементов экспертных систем. Подобный синтез позволяет компенсировать

недостатки отдельных методов. Так, например, высокую интерпретируемость правил в экспертных системах дополняется гибкостью и адаптивностью нейросетевых моделей, а вероятностные оценки стохастических методов обеспечивают устойчивость к шуму в данных.

Список литературы

1. Murphy K. Probabilistic Machine Learning: An Introduction. – Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 2022. – 864 p.

2. Jay M. Patel Getting Structured Data from the Internet: Running Web Crawlers/Scrapers on a Big Data Production Scale. – New York: Apress Berkeley, CA, 2020. – 397 p.

3. Хуттер Ф., Коттхофф Л., Ваншорен Х. Введение в автоматизированное машинное обучение (AutoML) / пер. с англ. В. С. Яценкова. – М.: ДМК Пресс, 2023. – 256 с.

УДК 004.83

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ АНАЛИЗА ОТЗЫВОВ С ИИ-ПОМОЩНИКОМ

Е.М. Лымарева, студент 2 курса магистратуры [1, a)]
[1] ФГАОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН», Москва, Российская Федерация
E-mail: [a)] elena.like02@gmail.com

Аннотация: Рассматривается подход к созданию интеллектуальной системы анализа пользовательских отзывов, сочетающей методы обработки естественного языка и экспертные правила интерпретации данных. Центральным элементом решения выступает диалоговый ИИ-помощник, который не только анализирует массивы текстовой обратной связи, но и объясняет результаты в понятной форме, формируя рекомендации для различных подразделений компании.

Ключевые слова: интеллектуальная система, анализ отзывов, ИИ-помощник, экспертная система, обработка естественного языка.

INTELLIGENT EXPERT SYSTEM FOR REVIEW ANALYSIS WITH AN AI ASSISTANT

E.M. Lymareva [1, a)]
[1] Moscow State University of Technology «STANKIN», Moscow, Russia
E-mail: [a)] elena.like02@gmail.com

Abstract: This article explores an approach to creating an intelligent user feedback analysis system that combines natural language processing methods and expert rules for data interpretation. The central element of the solution is a conversational AI assistant that not only analyzes text feedback but also explains the results in an understandable manner, generating recommendations for various company departments.
Keywords: intelligent system, review analysis, AI assistant, expert system, natural language processing.

Введение

Современные компании живут в океане пользовательских сообщений: отзывы на маркетплейсах, комментарии в соцсетях, письма в поддержку. Казалось бы, информации много, а пользы от неё часто мало. Пролистать сотни отзывов в день, понять, что на самом деле беспокоит людей, какие функции продукта им нравятся, а какие раздражают, задача почти неподъёмная. Для решения этой проблемы можно обратиться к системам, которые могут взять на себя эту рутинную и довольно монотонную работу.

Так появилась идея интеллектуальной экспертной системы с ИИ-помощником. Она представляет собой инструмент, который анализирует тексты и старается объяснить их так, как объяснил бы живой аналитик. Суть подхода заключается в том, чтобы объединить возможности современных языковых моделей с набором экспертных правил, которые помогают интерпретировать выводы и делать на их основе внятные рекомендации.

Основная часть

Работа системы начинается с того, что она лемматизирует и структурирует отзывы. Ей нужно понять, о чём вообще идёт речь и какое настроение скрыто за словами. Для этого используется набор NLP-методов: модель определяет тональность текста, распознаёт темы, выделяет отдельные сущности вроде упоминаний функций, моделей продукции или конкретных ситуаций. Это только первый слой анализа, который даёт относительно объективную картину: позитивный отзыв или негативный, про что конкретно написано, что упоминается чаще всего.

Дальше вступает в игру экспертная часть. Это набор правил, который объясняет полученные метрики в человеческих терминах. Например, если в большом количестве отзывов пользователи пишут о том, что доставка задерживается, система предлагает обратить внимание на логистику. Если много негатива связано с одной конкретной функцией, то, возможно, речь идёт о недоработке или баге.

В отличие от традиционных аналитических инструментов, которые выдают графики или таблицы, помощник разговаривает с пользователем. Он может объяснить, почему тот или иной вывод сделан, подсказать, где искать корень проблемы, сформировать рекомендации для разных отделов или даже смоделировать, что произойдёт, если внести те или иные изменения в продукт.

По сути, это виртуальный аналитик, который всегда под рукой и готов адаптировать стиль объяснения под человека.

Подобная система особенно хорошо показывает себя в маркетинге, службе поддержки и при разработке продукта. Она помогает обнаруживать рост негативных настроений задолго до того, как они выльются в репутационную проблему. Она может подсказать команде поддержки, какие вопросы следует вынести в FAQ, а разработчикам — какую функцию пользователи ждут больше всего или что мешает им комфортно использовать сервис.

Конечно, у такого подхода есть и свои ограничения. Экспертные правила требуют настройки под конкретный бизнес: то, что важно для финтех-компании, совсем не обязательно важно для маркетплейса или медиапроекта. Кроме того, язык пользователей бывает непредсказуемым: сарказм, сленг, ирония, всё это усложняет анализ. Однако сочетание диалогового ИИ и экспертных правил позволяет сгладить эти проблемы и значительно повысить точность интерпретации.

Пример того, как может выглядеть один из промежуточных результатов анализа, показан в таблице 1. В данном случае система агрегирует частотность проблем и связывает их с потенциальными рекомендациями.

Таблица 1. Метрики качества моделей машинного обучения

Проблемная тема	Частота упоминаний	Преобладающая тональность	Возможная причина	Рекомендация от экспертной системы
Задержка доставки	34%	Негативная	Перегрузка логистики	Проверить партнёров по доставке, оптимизировать маршруты
Работа мобильного приложения	22%	Смешанная	Нестабильная версия, баги	Провести аудит последнего релиза, расширить тестирование
Цены и акции	18%	Нейтральная	Непонятные условия скидок	Обновить текст акций, улучшить прозрачность условий
Качество товара	15%	Негативная	Поставщик или партия товара	Провести проверку партии, усилить входной контроль качества
Поддержка пользователей	11%	Позитивная	Быстрые ответы операторов	Использовать в рекламных материалах, расширять FAQ

Заключение

В итоге можно сказать, что разработка подобной интеллектуальной системы с ИИ-помощником упрощает работу с отзывами. Если раньше компании смотрели на пользовательскую обратную связь как на нескончаемый

поток данных, который приходится разбирать вручную, то теперь это становится источником осмысленной информации, почти диалогом с аудиторией. Система не просто сортирует тексты и ставит ярлыки вроде «негатив» или «позитив», а помогает услышать настоящие причины, стоящие за словами людей.

Список литературы

1. Murphy K. Probabilistic Machine Learning: An Introduction. – Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 2022. – 864 p.

2. Marc Peter Deisenroth, A. Aldo Faisal, Cheng Soon Ong Mathematics for Machine Learning. – Cambridge Academ / Cambridge University Press, 2020. – 398 p.

3. Семина Т.А. Прикладное языкознание. Перевод, переводоведение/ Т.А. Семина // Социальные и гуманитарные науки. Отечественная и зарубежная литература. Сер. 6, Языкознание: Реферативный журнал. – 2020. – №6 – с. 47-64.

УДК 004.89

МЕТОДЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГРАФОВЫХ НЕЙРОСЕТЕВЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ДОВЕРЕННЫХ СИСТЕМ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ, ПРЕДОТВРАЩАЮЩИХ МОШЕННИЧЕСТВО

П.Д. Богданов, студент [1, a)]
Н.А. Бычкова, канд. техн. наук [1]
[1] ФГАОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН», Москва, Российская Федерация
E-mail: [a)] pahsabogdanov@gmail.com

Аннотация: В работе рассматривается проблема внедрения графовых нейросетевых моделей (ГНС) в интеллектуальные системы принятия решений для обнаружения финансового мошенничества. Несмотря на высокую точность, применение ГНС ограничено их непрозрачностью и уязвимостью к состязательным атакам. Обоснована необходимость интегрированного подхода, согласующего три ключевых требования: точность обнаружения, объяснимость предсказаний и надежность работы. Представлен анализ современных архитектур ГНС, таких как временные графовые сети (TGN) и графовые трансформеры (FraudGT), а также методов объяснимого ИИ (XGNN, GNNExplainer) и обеспечения устойчивости. Уделено внимание сравнению эффективности предложенных подходов с базовыми методами. Предложена концепция комплексного использования рассмотренных методов.

Ключевые слова: графовые нейронные сети, обнаружение аномалий, финансовое мошенничество, объяснимый искусственный интеллект, временные графовые сети, устойчивость моделей.

METHODS OF USING GRAPH NEURAL NETWORK MODELS FOR TRUSTED DECISION-MAKING SYSTEMS THAT PREVENT FRAUD

P.D. Bogdanov [1, a)], **N.A. Bychkova** [1]
[1] Moscow State University of Technology «STANKIN», Moscow, Russia
E-mail: [a)] pahsabogdanov@gmail.com

Abstract: The paper addresses the problem of implementing Graph Neural Network (GNN) models into intelligent decision-making systems for financial fraud detection. Despite high accuracy, the application of GNNs is limited by their opacity and vulnerability to adversarial attacks. The necessity of an integrated approach aligning three key requirements – detection accuracy, prediction explainability, and operational reliability – is substantiated. An analysis of modern GNN architectures, such as Temporal Graph Networks (TGN) and Graph Transformers (FraudGT), as well as Explainable AI (XAI) methods like XGNN and GNNExplainer, and robustness assurance techniques, is presented. Attention is paid to comparing the effectiveness of the proposed approaches with baseline methods. A concept for the comprehensive utilization of the discussed methods is proposed.
Keywords: Graph Neural Networks, anomaly detection, financial fraud, Explainable Artificial Intelligence, Temporal Graph Networks, model robustness.

Введение

В настоящее время особую актуальность приобретает задача эффективного противодействия финансовому мошенничеству, которое все чаще использует сложные, распределенные схемы. Ущерб от мошенничества в 2023 году составил 15.8 млрд. рублей, тогда как в 2024 году уже 27.5 млрд. рублей. ГНС же обладают потенциалом для обнаружения таких схем за счет анализа структурных связей в графе транзакций, однако им недостаточно прозрачности в сферах, требующих доказательной базы. Автоматизация процесса классификации транзакций и пользователей позволит предотвращать мошеннические действия.

Материалы и методы

Представление финансовых данных в виде графовых структур, где узлы соответствуют сущностям, таким как пользователи, счета или организации, а ребра отражают транзакции или иные взаимодействия между ними, дает преимущество по сравнению с табличными методами анализа таких данных, позволяя учитывать сложную топологию связей и выявлять скрытые паттерны взаимодействия, характерные для мошеннических групп [1]. ГНС, представляют собой класс алгоритмов глубокого обучения, специально разработанных для обработки данных, представленных в виде графов. Основной принцип их работы заключается в механизме передачи сообщений,

при котором каждый узел обновляет свое скрытое представление путем агрегации информации от соседних узлов [2]. Этот процесс позволяет модели формировать векторные представления (эмбеддинги), которые кодируют как атрибуты самих узлов, так и локальную структуру графа.

Финансовые сети по своей природе являются динамическими, так как транзакции происходят постоянно. Статические модели, такие как сверточные графовые сети или GraphSAGE, часто игнорируют временную составляющую, рассматривая граф как неизменный снимок. Для преодоления этого ограничения существует архитектура временных графовых сетей [3]. TGN позволяет обрабатывать непрерывный поток событий. Модель дополняет в себя модуль памяти, который хранит состояние каждого узла и обновляется при появлении новых взаимодействий. Схема архитектуры представлена на рисунке 1.

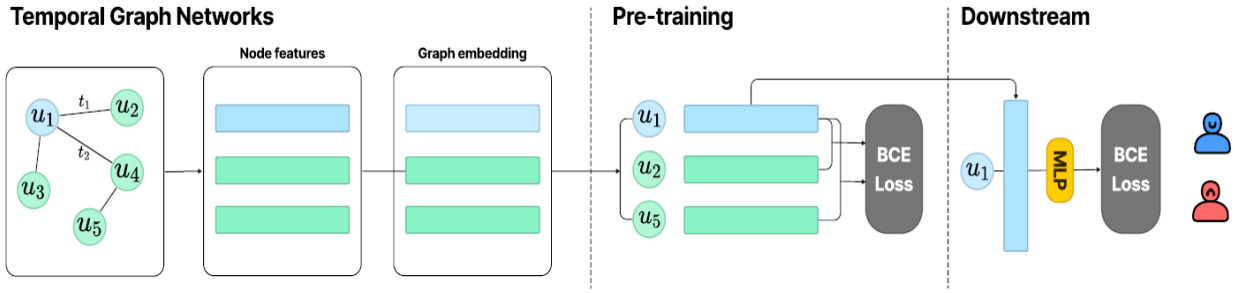


Рис. 1. Архитектура TGN

Другим подходом являются графовые трансформеры. В частности, модель FraudGT [4] разработана специально для финансовых транзакционных графов, преодолевая ограничения традиционных ГНС в работе со сложными признаками ребер. FraudGT использует механизмы message passing gates, управляющие потоком информации, и edge attribute-based attention bias, который позволяет модели более точно оценивать важность транзакционных признаков (например, сумма, тип транзакции) при принятии решений. Это повышает ее способность различать нормальные и мошеннические транзакции, делая ее высокоэффективной. Архитектура FraudGT представлена на рисунке 2.

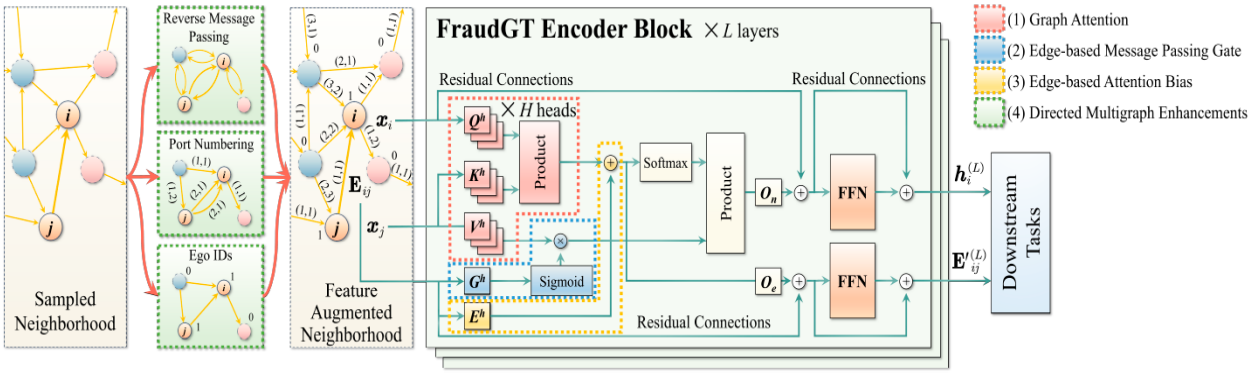


Рис. 2. Архитектура FraudGT

Для применения в системах принятия решений модель должна обладать устойчивостью к шуму и организованным манипулированием данных. Использование механизмов внимания, что взвешивают вклад различных соседей, позволяет модели фокусироваться на более релевантных связях и минимизировать влияние аномальных или вредоносных узлов на итоговое представление целевого объекта [5].

Одной из ключевых проблем внедрения ГНС является их непрозрачность. Для решения этой задачи используются различные методы объяснимого ИИ. Эти методы можно разделить на два основных типа:

1. Объяснения на уровне экземпляра (Instance-Level Explanations). Для предоставления локальной, конкретной интерпретации используется подход GNNExplainer [6]. Этот метод является общим и не зависит от конкретной архитектуры ГНС. GNNExplainer формулируется как задача оптимизации, цель которой – максимизировать взаимную информацию между предсказанием ГНС и распределением возможных структур подграфов. В результате для каждого конкретного предсказания (например, классификации транзакции как мошеннической) метод выявляет компактный подграф и минимальный набор признаков узлов, которые являются наиболее критичными для данного решения. Это позволяет эксперту понять, почему именно эта транзакция была помечена как подозрительная, предоставляя конкретную доказательную базу.

2. Объяснения на уровне модели (Model-Level Explanations). Применяется метод, основанный на генерации канонических паттернов, известный как XGNN [7]. В отличие от методов, объясняющих отдельное предсказание, XGNN стремится понять, какие общие графовые структуры или подграфы максимально влияют на принятие решения моделью.

Результаты

На основе рассмотренных методов можно эффективнее выявлять мошеннические транзакции и пользователей в сравнении с базовыми методами ГНС, такими как ГСС, GraphSAGE и многослойного персептрона.

TGN превосходит их за счет использования временной составляющей, тогда как графовые трансформеры более эффективно используют признаки ребер и благодаря многоголовому вниманию концентрируются на более важных подграфах. Сравнение эффективности на датасете представлено в таблице 1.

Таблица 1. Сравнение эффективности моделей

Модель	AUC
MLP	0.65
GCN	0.60
GraphSAGE	0.63
TGN	0.75
FraudGT	0.81

Обсуждение

Обе модели показывают хорошие результаты, однако гибридная модель может показать результаты лучше. Объединяя учитывание временной эволюции графа и долгосрочное поведение узлов через модуль памяти из TGN и улавливание сложных структурных зависимостей и эффективного использования атрибутов ребер из FraudGT с помощью ее механизма внимания и дополнительных механизмов message passing gates, edge attribute-based attention bias, можно получить лучшие показатели. Для верификации и обеспечивания достоверных результатов предсказания в полную архитектуру модели можно внедрить контур интерпретации с помощью GNNExplainer, который для каждой подозрительной транзакции будет выделять компактный подграф и маску признаков, которые внесли наибольший вклад в предсказание, кроме того, добавив модуль XGNN, генерирующий графовые паттерны, которые модель считает наиболее подозрительными, позволит дополнительно верифицировать, что модель обучается верно.

Дополнительно можно отметить, что масштабируемость подобного решения будет проблемой, в силу малой производительности, что важно для систем принятия решений в реальном времени.

Заключение

Были рассмотрены современные архитектуры ГНС и методы обеспечения объяснимости ИИ. Кроме того, предложен подход к построению доверенных систем обнаружения мошенничества на основе ГНС.

Список литературы

1. Application of Graph Neural Networks to fraud classification problems in the insurance and financial domain / J. Becher, A. Schäfer // INFORMATIK 2024: Proceedings of the 2024 Annual Conference of the German Informatics Society. – Bonn: Gesellschaft für Informatik, 2024. – P. 1335–1344.

2. Wu Z. A Comprehensive Survey on Graph Neural Networks / Z. Wu, S. Pan, F. Chen, G. Long, C. Zhang, P. S. Yu // IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems. – 2020. – Vol. 32, No. 1. – P. 4–24.

3. Temporal Graph Networks for Graph Anomaly Detection in Financial Networks // arXiv.org URL: https://arxiv.org/abs/2404.00060 (дата обращения: 10.11.2025).

4. Fraud G.T.: A Simple, Effective, and Efficient Graph Transformer for Financial Fraud Detection / J. Lin, S. Mitchell, X. Guo, E. Altman // Proceedings of the ACM International Conference on Information and Knowledge Management (CIKM). – 2023. – P. 1–10.

5. Robust Graph Neural Networks for Stability Analysis in Dynamic Networks / X. Zhang, Z. Xu, Y. Liu, M. Sun, T. Zhou, W. Sun // 2024 3rd International Conference on Cloud Computing, Big Data Application and Software Engineering (CBASE). – Hangzhou, China, 2024. – P. 806–811. – DOI: 10.1109/CBASE64041.2024.10824358.

6. GNNExplainer: Generating Explanations for Graph Neural Networks / R. Ying, D. Bourgeois, J. You, M. Zitnik, J. Leskovec // Advances in neural information processing systems. – 2019. – Vol. 32. – P. 9240–9251.

7. XGNN: Towards Model-Level Explanations of Graph Neural Networks / H. Yuan, J. Tang, X. Hu, S. Ji // Proceedings of the ACM International Conference on Information and Knowledge Management (CIKM). – 2020. – P. 430–438. – DOI: 10.1145/3394486.3403085.

УДК 338.14

ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ «ЗАТРАТЫ-ВЫПУСК» И ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ РЕСУРСАМИ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ ПРОЦЕССАМИ В МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМ ПРЕДПРИЯТИИ

К.К. Марков, аспирант [1, a)]
[1] МФПУ «Синергия», Москва, Российская Федерация
E-mail: [a)] markkirill4@mail.ru

Аннотация: Разработана методология интеграции моделей затрат-выпуска с искусственным интеллектом для оптимизации управления ресурсами машиностроительного предприятия. Гибридный подход обеспечивает повышение точности прогнозирования, улучшение производственной эффективности и снижение издержек при сохранении интерпретируемости результатов.
Ключевые слова: модели затраты-выпуск, искусственный интеллект, оптимизация производства, машинное обучение, управление ресурсами.

APPLICATION OF INPUT-OUTPUT MATHEMATICAL MODELS AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR OPTIMIZATION OF RESOURCE MANAGEMENT AND PRODUCTION PROCESSES IN MACHINE-BUILDING ENTERPRISES

K.K. Markov [1, a)]
[1] Moscow Financial and Industrial University "Synergy", Moscow, Russia
E-mail: [a)] markkirill4@mail.ru

Abstract: A methodology has been developed for integrating input-output models with artificial intelligence to optimize resource management in machine-building

enterprises. The hybrid approach ensures improved forecasting accuracy, enhanced production efficiency, and reduced costs while maintaining interpretability of results.
Keywords: input-output models, artificial intelligence, production optimization, machine learning, resource management.

Введение

Цифровая трансформация и внедрение принципов Industry 4.0 требуют переосмысления традиционных методов управления на машиностроительных предприятиях. Несмотря на высокий потенциал искусственного интеллекта (ИИ) в оптимизации сложных систем, его применение в отрыве от проверенных экономико-математических подходов, таких как модель «затраты-выпуск» В. Леонтьева, часто приводит к потере интерпретируемости результатов [1].

Это обусловливает необходимость разработки гибридного подхода, интегрирующего логику межотраслевых моделей с адаптивностью машинного обучения. Такой синтез позволит предприятиям повысить качество как оперативного, так и стратегического планирования, обеспечивая полноту анализа производственных взаимосвязей и экономическую обоснованность решений.

Целью исследования является разработка методологии интеграции моделей «затраты-выпуск» с методами искусственного интеллекта для оптимизации управления ресурсами машиностроительного предприятия и выявление синергетических эффектов гибридного подхода.

Методы

Исследование интегрирует модель межотраслевого баланса с методами машинного обучения. Модель затрат-выпуска представляет производственную систему уравнением $(I - A)X = D$, где матрица A содержит коэффициенты потребления ресурсов, X - объёмы производства, D - конечный спрос. Леонтьевская обратная матрица позволяет рассчитать полные затраты и выявить мультипликационные эффекты. Адаптация к уровню предприятия осуществляется через детализацию производственных операций и построение матрицы технологических коэффициентов на основе данных из систем MES, ERP и IoT-датчиков.

Применяются рекуррентные нейронные сети (LSTM) для прогнозирования временных рядов производства, многослойные нейросети - для моделирования сложных взаимосвязей между параметрами, метаэвристические алгоритмы - для решения многокритериальных задач оптимизации. Гибридная архитектура реализуется последовательным применением модели затрат-выпуска (определение требуемых ресурсов) и нейронной сети для уточнения прогнозов на основе остатков [3]. Это сохраняет интерпретируемость экономической логики и повышает точность через учёт нелинейных связей.

Для валидации моделей использовался метод walk-forward validation с хронологическим разделением данных (70/20/10), а их качество оценивалось по

метрикам RMSE, MAE, MAPE и R^2. Гиперпараметры оптимизируются через сетевой поиск с перекрёстной проверкой для минимизации переобучения.

Результаты

Анализ производственной структуры машиностроительного предприятия позволил выявить основные производственные подразделения и их взаимодействие. На основе собранных данных была построена матрица технологических коэффициентов, отражающая поток материалов, энергии и трудозатрат между производственными операциями. Детализация производственных процессов включала разделение поставок сырья на различные производственные участки, прослеживание межцеховых потоков и определение коэффициентов косвенного потребления ресурсов через промежуточные продукты.

Применение рекуррентных нейронных сетей (LSTM) для прогнозирования спроса и производственной программы показало существенное повышение точности по сравнению с традиционными методами. При использовании предложенного гибридного подхода интеграции модели затрат-выпуска с методами машинного обучения средняя абсолютная процентная ошибка (MAPE) составила 8-11% для квартальных прогнозов и 6-9% для годовых, тогда как традиционные экспоненциальные модели сглаживания показывают MAPE на уровне 12-18%. Коэффициент детерминации R^2 для нейросетевых моделей составил 0,87-0,93, что превышает результаты, получаемые с помощью статистических методов.

Оптимизация управления ресурсами через применение гибридного подхода продемонстрировала значительный потенциал сокращения производственных издержек. По результатам внедрения систем машинного обучения для управления материальными потоками достигнуто снижение незавершённого производства на 22-28% и сокращение времени производственных циклов на 15-20%. Повышение коэффициента использования производственных мощностей составило 12-18% за счёт лучшей синхронизации производственных операций и минимизации простоев. Предиктивное обслуживание оборудования на основе анализа данных датчиков привело к сокращению незапланированных простоев на 32-45%, а производственные потери от поломок снизились на 15-25%.

Анализ энергопотребления показал, что применение AI-систем для оптимизации производственных параметров обеспечило снижение энергозатрат на 20-25%. Это достигалось через реальное предиктивное управление производственными параметрами, выявление режимов максимальной энергоэффективности и устранение избыточного энергопотребления. Совокупное снижение производственных издержек, включая материалы, энергию и трудозатраты, оценивается на уровне 10-18% в зависимости от профиля производства.

Контроль качества с использованием методов глубокого обучения для автоматического выявления дефектов показал, что точность обнаружения

дефектов повысилась на 18-45%, объём переработок и брака снизился до 40%, а первопроходная выход (FPY) улучшился на 15-30%. Общее время проведения проверок качества сократилось на 50-60% благодаря автоматизации визуального контроля.

Сравнение результатов гибридного подхода с применением исключительно традиционных методов планирования показало преимущество в точности прогнозов на 20-28%, а по сравнению с методами, основанными исключительно на искусственном интеллекте без учёта производственной структуры, - улучшение интерпретируемости результатов и снижение требований к объёмам обучающих данных на 30-40%. Гибридная архитектура обеспечивает лучшую устойчивость к экстремальным сценариям и изменениям производственной среды.

Экономические показатели внедрения демонстрируют окупаемость инвестиций в системы на основе AI и расширенного анализа данных в период 1,5-2,5 года. Рентабельность инвестиций (ROI) от внедрения AI-решений в производство составляет 20-30% ежегодно при условии надлежащего внедрения и интеграции с существующими производственными системами.

Полученные результаты подтверждают практическую значимость гибридного подхода для машиностроительных предприятий. Интеграция моделей затрат-выпуска с машинным обучением сохраняет экономическую интерпретируемость результатов при повышении адаптивности к нелинейным зависимостям. Гибридные архитектуры демонстрируют улучшение точности на 20-28% по сравнению с чистыми эконометрическими методами и лучшую устойчивость к экстремальным сценариям, чем исключительно глубокое обучение.

Внедрение сопряжено с существенными ограничениями. Критическое значение имеет качество данных: 5%-ное снижение точности приводит к падению производительности модели в 15-20%. Второе ограничение - интерпретируемость результатов. Хотя гибридный подход частично решает проблему «чёрного ящика», он требует техник объяснимого ИИ (XAI) для обоснования прогнозов. Третье - необходимость специализированных знаний как в экономико-математическом моделировании, так и в машинном обучении.

Сравнение подходов показывает преимущества гибридного метода. Против традиционных методов затрат-выпуска улучшение точности составляет 20-28%, обеспечивается адаптивность к динамичности. Против исключительно глубокого обучения - лучшая интерпретируемость и требует на 30-40% меньше обучающих данных. Дальнейшее развитие может включить интеграцию с системами качества и экологии, применение федеративного обучения для защиты конфиденциальности данных и расширение на многопериодный анализ для долгосрочного планирования [2].

Заключение

Исследование подтвердило, что интеграция моделей межотраслевого баланса с искусственным интеллектом улучшает точность производственного

планирования на 20-28%, повышает эффективность на 12-18% и снижает издержки на 10-18%. Практические рекомендации включают поэтапное внедрение на отдельных производственных участках, обеспечение качества данных и интеграцию с существующими системами управления (ERP, MES).

Перспективы развития связаны с принципами Industry 5.0, расширением моделей на многопериодный анализ, интеграцией с системами качества и экологии, а также применением в цифровых двойниках и предиктивной аналитике. По прогнозам, к 2032 году рынок Industry 5.0 достигнет 600-691 миллиарда долларов, отражая актуальность гибридных подходов к производственной оптимизации.

Научный вклад заключается в разработке методологии адаптации моделей Леонтьева к уровню предприятия и демонстрации синергии с машинным обучением для решения прикладных задач производственного менеджмента. Результаты могут служить основой для дальнейших исследований и разработки инструментов цифровой трансформации машиностроительных предприятий.

Список литературы

1. Obikwelo C., Ebiefung A. A. Leontief's input-output model and its application to inventory control // Science Asia. 2014. Vol. 2. № 1. P. 1-7.

2. Liu E., Ciwinski A., Pol L. Dynamic input-output networks // Review of Economic Studies. 2024. Vol. 91. № 6. P. 3608-3644. – DOI: https://doi.org/10.1093/restud/rdae040.

3. Stempień D., Ślepaczuk R. Hybrid models for financial forecasting: Combining econometric, machine learning and deep learning models // Journal of Empirical Finance. 2013. Vol. 25. № 1. P. 45-73. – DOI: https://doi.org/10.1016/j.jempfin.2023.04.002.

Секция 3

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБРАЗОВАНИИ

Section 3

INFORMATION TECHNOLOGY IN EDUCATION

УДК 004.8

ПРОВЕДЕНИЕ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ ПО ПРЕДМЕТУ «ОБОСНОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ТРЕБОВАНИЙ К ПРОГРАММНЫМ СИСТЕМАМ» В УСЛОВИЯХ ПОПУЛЯРИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

А.А. Бирюкова, канд. тех. наук, доцент [1, a)]
[1] ФГБОУ ВО «РТУ МИРЭА», Москва, Российская Федерация
E-mail: [a)] biryukova@mirea.ru

Аннотация: В статье рассматривается актуальная проблема адаптации методов обучения в технических университетах к особенностям восприятия информации студентами поколения Z. Для исследования выбран практический курс по предмету «Обоснование и разработка требований к программным системам» направления «Программная инженерия». Приведены примеры использования систем ИИ для получения вспомогательного материала к практическим работам и особенности использования ИИ в обучающем процессе.
Ключевые слова: системы ИИ в образовании, использование ИИ преподавателями технических университетов.

CONDUCTING PRACTICAL CLASSES ON THE SUBJECT "JUSTIFICATION AND DEVELOPMENT OF REQUIREMENTS FOR SOFTWARE SYSTEMS" IN THE CONTEXT OF THE POPULARIZATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES

A.A. Biryukova [1, a)]
[1] MIREA – Russian Technological University, Moscow, Russia
E-mail: [a)] biryukova@mirea.ru

Abstract: This article examines the pressing issue of adapting teaching methods at technical universities to the information comprehension characteristics of Generation Z students. The study focused on a practical course in "Justification and Development of Requirements for Software Systems" in the Software Engineering program. Examples of using AI systems to support practical assignments and the specifics of using AI in the educational process are provided.
Keywords: AI systems in education, use of AI by technical university instructors.

Введение

Теория Уильяма Штрауса и Нила Хоу [1] используется для понимания потребительского поведения, социальных тенденций и прогнозирования развития общества. Согласно этой теории на данный момент, существует 5 поколений, а именно: молчаливое поколение (родившиеся в 1925-1944), «бэби-бумеры» (родившиеся в 1944-1967), поколение X (родившиеся в 1967-1984), поколение Y или «миллениалы» (родившиеся в 1984-2000), поколение Z или «зумеры» (2000 - 2011) и поколение Альфа (родившиеся с 2011 года по настоящее время) [2, 3].

В данной статье рассматриваются особенности обучения студентов третьего курса, рождённых в интервале с 2003 по 2005 год. Этот контингент относится к поколению Z («зумеры», «цифровые аборигены»). Для данного поколения цифровое пространство – это естественная среда обитания. Они не представляют жизни без мгновенного доступа к информации, визуальному контенту и постоянной онлайн-связи [4]. У студентов данного возраста тяжело найти в рюкзаке тетрадь, блокнот или даже ручку. Все пометки они делают в телефоне/ноутбуке или пытаются запомнить.

Также как и предшествующее поколение, поколение Y, «зумеры» считают, что сведения, которые ранее можно было получить только от преподавателя или из нескольких литературных источников, теперь доступны в Интернете любому интересующемуся [5]. Однако, не являясь специалистом в запрашиваемой области, тяжело проверить корректность и подлинность информации. И все же современный школьник или студент считает Интернет основным источником информации, а цифровые технологии – главным способом получения этой информации [6].

По прогнозам компании Gartner к 2030 году 25% ИТ-задач будут выполняться исключительно ИИ, а 75% с его поддержкой; работы без ИИ не будет [7]. Таким образом, в условиях быстрого развития систем ИИ, трудно представить процесс обучения студентов-«зумеров» с игнорированием возможностей ИИ.

Основная часть

Как «говорит» модель искусственного интеллекта (ИИ) «Gemini» от Google: «Обоснование и разработка требований к ПО - это процесс определения, анализа, документирования (спецификации) и управления запросами к будущей системе, чтобы обеспечить её соответствие целям бизнеса и пользователей». Предмет «Обоснование и разработка требований к программным системам» читается студентам, обучающимся по направлению подготовки «Программная инженерия». Практические занятия по данному предмету посвящены приобретению практических навыков формализации и документирования требований к программным системам. Важно отметить, что в рамках данного курса важно не просто научить студентов составлять диаграммы в разных нотациях (UML, BPMN, IDEF0 и т.д), а показать, как

разнообразные диаграммы и документы формируют общую спецификацию на конкретны программный продукт.

Для достижения данной цели, студентам предлагается для всех практических заданий использовать сквозной вариант задания. Пример такого задания: «Обосновать и разработать требования к программной системе учета и выдачи книг в университетской библиотеке». В задании не уточняется необходимая функциональность и текущее состояние предметной области, лишь сама предметная область – это обстоятельство призывает студентов проявить инициативу и додумать чем же отличаются бизнес-процессы в состояниях «как есть» от «как будет». К сожалению, отсутствие практического опыта в проектировании и создании целых программных систем, а также особенности восприятия поколением Z информации (клиповое мышление, плохое воображение, привычка «скачивать» готовую информацию и т.п.), приводят к отсутствию понимания требований к выполнению практических работ, а также к снижению мотивации в освоении предмета.

В данной статье предлагается уже на этом этапе вводить в курс использование систем ИИ с корректными запросами. Например, запрос: «Накидай идеи по созданию программной системы учета и выдачи книг в университетской библиотеке» в системе «Алиса AI» [4] позволяет прояснить следующую специфику: база данных и API, функциональные модули, пользовательские интерфейсы, интеграции, технологии и безопасность, дополнительные возможности, этапы внедрения и ключевые метрики успеха.

Часть этой информации не важна на первых этапах, однако, описание функциональных модулей и метрик успеха дают возможность расширить задание и приступить к выполнению. Кроме того, указания на возможность и методы использования ИИ при выполнении задания, увеличивает лояльность студентов к предмету.

Использование вспомогательных систем при работе с системами ИИ расширяет возможности по использованию в учебном процессе, связанном с построением схем в нотации UML. Например, инструмент PlantUML [9] позволяет генерировать UML-диаграммы и другие схемы из текстового описания на специальном внутреннем языке. Например, промпт вида «Напиши код для визуализации в plantuml.com. Создай UML диаграмму использования для системы со следующими функциями: <<список функций, полученный в предыдущем запросе>>» выдает текст на внутреннем языке PlantUML и описание к этому тексту. По сгенерированному тексту студент/преподаватель получает «живую» (в плане того, что ее можно поправить, путем исправления текста генерации диаграммы) диаграмму вариантов использования.

Однако, при автоматизированной генерации отчетов по практическим занятиям, теряется необходимость проведения таких занятий в классической форме. Для контроля знаний студентов после сдачи практического задания предлагается использование мини-тестов для проверки полученных знаний. В этой задаче преподавателю так же могут помочь системы ИИ.

Заключение

Использование систем ИИ в том числе и при проведении практических занятий становится необходимостью в среде технических университетов. Поколение Z нацелено на быстрое получение результата с помощью информационных технологий и использование систем ИИ дает им эту возможность. Однако это обстоятельство должно увеличить количество контрольных мероприятий по каждому из практических заданий.

Список литературы

1. Уильям Штраус (William Strauss) и Нил Хоув (Neil Howe). Generations: The History of America's Future, 1584 to 2069 (рус. «Поколения: История Америки, 1584-2069»). // William Morrow & Co. – 1991.// 450 с.

2. Миронова А.С. Теория поколений: особенности поколения Z на рынке труда / А. С. Миронова // Актуальные вопросы устойчивого развития регионов, отраслей, предприятий : Материалы Международной научно-практической конференции. В 2-х томах, Тюмень, 13 декабря 2024 года. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2025. – С. 338-340. – EDN BEMPXH.

3. Габова А. Работа с поколением «Z» / А. Габова, А.В. Железникова // Уральская горная школа - регионам : материалы международной научно-практической конференции, Екатеринбург, 06–07 апреля 2020 года / Уральский государственный горный университет. – Екатеринбург: Уральский государственный горный университет, 2020. – С. 459-460. – EDN ZVIALU.

4. Волчек Е.И. Влияние социальных сетей на самоидентификацию молодежи: разница поколения Y и поколения Z / Е.И. Волчек // Вестник Иркутского университета : Сборник статей. – Иркутск : Иркутский государственный университет

5. Зайцева П.С. Теория поколений. Поколение Z / П.С. Зайцева // Актуальные вопросы современной науки и образования : Материалы Всероссийской научно-практической конференции магистрантов, соискателей и студентов, Тверь, 20 марта 2025 года. – Тверь: Тверской государственный университет, 2025. – С. 58-64. – EDN EVZWZL.

6. Нурмухаметова В.В. Поколение Z в условиях цифровизации образования в контексте теории поколений в постпандемийную эпоху / В.В. Нурмухаметова // Международный форум KAZAN DIGITAL WEEK - 2023 : Сборник материалов, Казань, 20–22 сентября 2023 года. – Казань: ГБУ «НЦБЖД», 2023. – С. 894-898. – EDN WGCTPU.

7. Gartner: к 2030 году искусственный интеллект затронет всю ИТ-сферу. URL: https://www.novostiitkanala.ru/news/detail.php?ID=192080 (дата обращения: 13.11.2025).

8. Алиса AI. [сайт]. URL: alice.yandex.ru (дата обращения: 10.11.2025).

9. PlantUML. [сайт]. URL: plantuml.com/ru (дата обращения: 10.11.2025).

УДК 37.02

МОДЕЛЬ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ «ВИРТУАЛЬНЫЙ ПИТОМЕЦ» ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ МОТИВАЦИИ СТУДЕНТОВ И УПРАВЛЕНИЯ УЧЕБНЫМИ ЗАДАЧАМИ

В.В. Бритвина, кандидат пед. наук, доцент [1, а)],
М.В. Балезина, студент [2, б)],
К.Е. Басенко, студент [2, в)],
В.Д. Самохвалов, студент [2, г)],
[1] ФГАОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН», Москва, Российская Федерация
[2] ФГАОУ ВО «Московский политехнический университет», Москва, Российская Федерация
E-mail: [а)] saturn2015@mail.ru, [б)] mashabal2005@gmail.com,
[в)] karolinabas0ma@mail.ru, [г)] vyacheslav@samokhvaloff.ru

Аннотация: в статье представлена модель веб-приложения «Виртуальный питомец», разработанного с целью повышения учебной мотивации студентов посредством использования геймификационных механизмов и визуальной обратной связи. Рассматривается процесс проектирования системы данных, включающий построение ER-диаграммы, разработку логической и физической моделей базы данных. Проведённое проектирование формирует основу для создания эффективного цифрового инструмента, поддерживающего самоорганизацию и повышающего вовлечённость студентов в учебный процесс.
Ключевые слова: веб-приложение, виртуальный питомец, мотивация студентов, управление задачами.

A VIRTUAL PET WEB APPLICATION MODEL TO INCREASE STUDENT MOTIVATION AND MANAGE LEARNING TASKS

V.V. Britvina [1, a)], **M.V. Balezina** [2, b)], **K.E. Basenko** [2, c)],
V.D. Samokhvalov [2, d)]
[1] Moscow State University of Technology «STANKIN», Moscow, Russia
[2] Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Moscow Polytechnic University», Moscow, Russia
E-mail: [a)] saturn2015@main.ru, [b)] mashabal2005@gmail.com,
[c)] karolinabas0ma@mail.ru, [d)] vyacheslav@samokhvaloff.ru

Abstract: This article presents a model of a "Virtual Pet" web application developed to enhance student learning motivation through the use of gamification mechanisms and visual feedback. It also examines the data system design process, including the construction of an ER diagram and the development of logical and physical database

models. This design provides the foundation for creating an effective digital tool that supports self-organization and enhances student engagement in the learning process.
Keywords: web application, virtual pet, student motivation, task management.

Введение

Современные образовательные процессы характеризуются высокой динамичностью, увеличением объёма учебной информации и необходимостью самостоятельного планирования деятельности студентами. В условиях роста нагрузки возникает проблема снижения учебной мотивации, а также трудности с самоорганизацией, что приводит к нарушению сроков выполнения задач, снижению качества подготовки и увеличению уровня стресса. Одним из эффективных инструментов решения данной проблемы является внедрение геймификационных подходов в цифровые образовательные сервисы.

Разработка веб-приложений, использующих игровые элементы для поддержки учебного процесса, получает всё большее распространение. В частности, особую роль играют виртуальные помощники и питомцы, состояние которых зависит от действий пользователя. Взаимодействие с таким цифровым объектом позволяет формировать позитивную эмоциональную обратную связь, стимулируя регулярное выполнение заданий. При этом веб-приложение обязано иметь чётко структурированную архитектуру и корректно спроектированную базу данных, чтобы обеспечить стабильность работы, логическую взаимосогласованность данных, возможность масштабирования и дальнейшего развития функционала.

Цель данной статьи заключается в представлении модели веб-приложения «Виртуальный питомец», ориентированного на повышение мотивации студентов и управление учебными задачами. Основное внимание уделено этапу проектирования системы, включающему разработку ER-диаграммы, логической и физической моделей базы данных. Представленные решения основаны на принципах реляционного моделирования и ориентированы на практическое использование в веб-среде с серверной частью на Python и Flask и реляционной СУБД MySQL.

Проектирование модели веб-приложения

Проектирование базы данных [1] представляет собой ключевой этап разработки веб-приложения, так как именно структура данных определяет корректность логики приложения, устойчивость работы, возможность расширения функционала, а также производительность системы. Веб-приложение «Виртуальный питомец» оперирует рядом сущностей, связанных с пользователем, задачами, виртуальным питомцем, системой уровней, достижений и уведомлений. В этой связи требуется выстроить целостную модель данных, формализующую связи между объектами системы и обеспечивающую логическую завершённость информационных процессов.

ER-диаграмма веб-приложения

На первом этапе была построена ER-диаграмма [2], отражающая концептуальную структуру приложения и связи между сущностями. На диаграмме (рис. 1) представлены основные сущности: пользователь, виртуальный питомец, учебная задача, опыт, достижение, уровень, уведомление и лог действий.

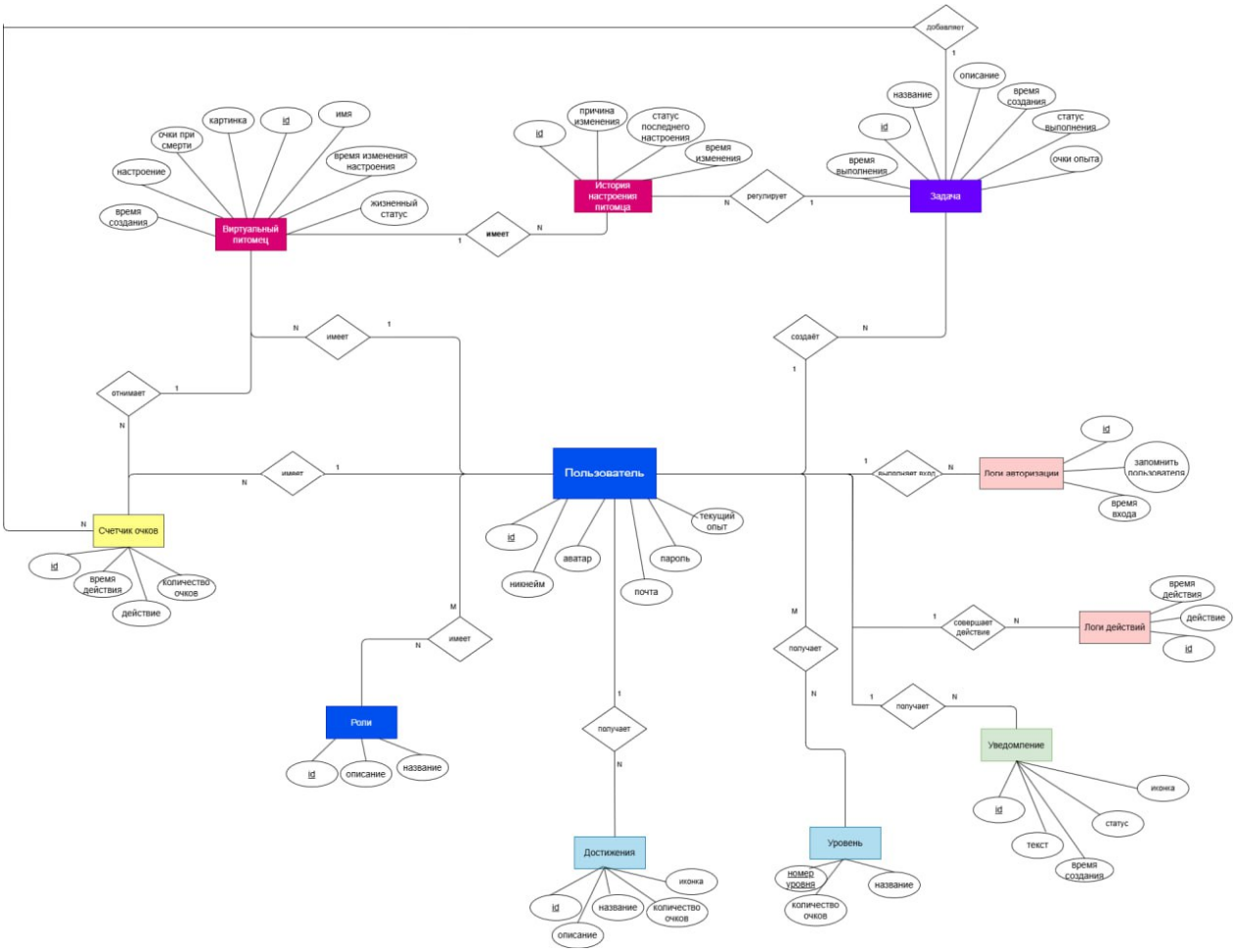


Рис. 1. ER-диаграмма веб-приложения

Логическая модель представляет собой детализацию ER-диаграммы с указанием первичных и внешних ключей, типов связей и атрибутов сущностей. Каждая сущность приобретает формальное описание с полями, типами данных и ограничениями. В частности, сущность users включает идентификатор пользователя, имя, электронную почту, хэш пароля, аватар и текущее количество очков опыта. Таблица roles предназначена для определения ролевых прав и используется системой аутентификации.

На логической схеме (рис. 2) сущность pets хранит данные о питомце, его настроении, дате последнего изменения состояния и статусе (жив или нет). Таблица tasks включает название задачи, описание, дату создания, возможную дату выполнения и количество опыта, начисляемого за выполнение. Механизм учёта опыта реализован в отдельной сущности experience_counter, что

позволяет сохранять историю начисления и списания очков с привязкой к источнику действия и типу операции.

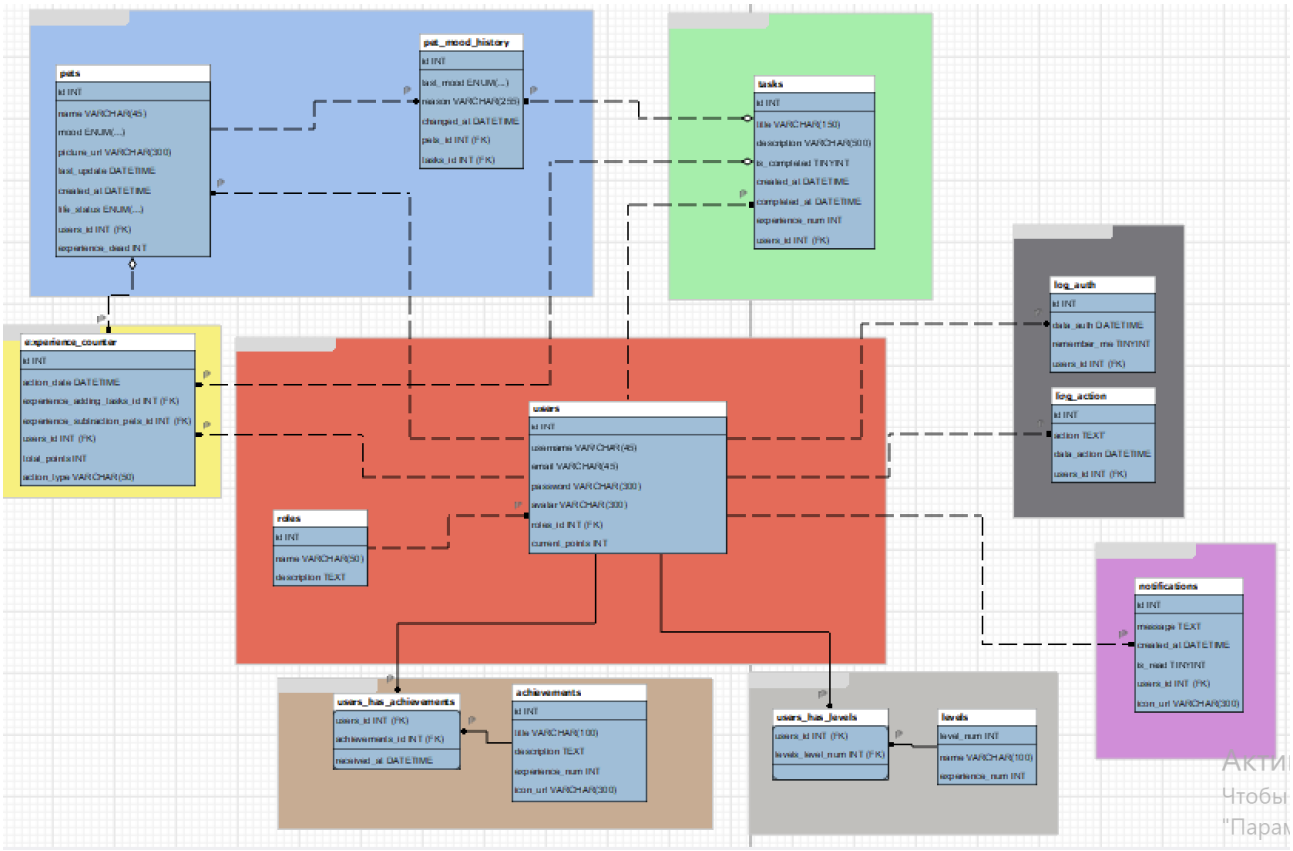


Рис. 2. Логическая схема базы данных

Методы

В исследовании применялись методы системного анализа, структурного моделирования и проектирования информационных систем. Для формализации предметной области использовался метод entity–relationship-моделирования, позволивший выделить ключевые сущности и связи между ними. Логическая структура данных формировалась на основе реляционного подхода, а для верификации спроектированной модели применялся метод сравнительного анализа существующих решений и типовых архитектур учебных веб-приложений. На этапе перехода к физической модели использовались методы нормализации данных и оптимизации структуры таблиц с учётом требований к производительности и целостности.

Результаты

Показано, что разработанная модель данных для веб-приложения «Виртуальный питомец» обеспечивает более структурированное и логически согласованное представление информационных процессов по сравнению с базовыми моделями, применяемыми в типовых учебных трекерах. Предложенная архитектура позволяет однозначно фиксировать связи между пользователями, задачами, состоянием виртуального питомца и системой

достижений, что повышает точность обработки данных и стабильность работы приложения. Логическая и физическая модели демонстрируют корректность последующей реализации и обеспечивают возможность масштабирования системы без переработки основной структуры базы данных. В совокупности результаты проектирования подтверждают, что выбранный подход формирует надёжную основу для создания эффективного мотивационного веб-сервиса, способного поддерживать учебную активность студентов.

Заключение

Созданная ER-диаграмма фиксирует основные элементы системы и связи между ними, обеспечивая наглядное представление о внутренней структуре приложения. Логическая модель уточняет структуру каждой сущности, определяя необходимые атрибуты, первичные и внешние ключи, а также ограничения целостности данных. Физическая модель, реализованная в виде SQL-описаний таблиц, демонстрирует возможность практической реализации спроектированных решений в реляционной СУБД.

Построенная модель данных обеспечивает поддержку таких важнейших механизмов приложения, как управление пользовательскими задачами, взаимодействие с виртуальным питомцем, начисление опыта и уровней, обработка достижений и уведомлений, а также ведение истории действий. Выбранная структура позволяет эффективно хранить связанные данные, минимизировать дублирование информации и обеспечить логическую согласованность всех процессов.

Представленное проектирование демонстрирует важность системного подхода к разработке образовательных цифровых решений, ориентированных на повышение мотивации обучающихся. Проработанная архитектура данных является фундаментом, на основе которого может быть создано полнофункциональное веб-приложение, способное оказывать реальное влияние на эффективность учебной деятельности студентов и формирование устойчивых навыков самоорганизации.

Список литературы

1. СУБД // skillfactory URL: https://blog.skillfactory.ru/glossary/subd/ (дата обращения: 01.10.2025).

2. Для чего нужна ER-диаграмма в процессе разработки? // TenChat URL: https://tenchat.ru/media/1232258-dlya-chego-nuzhna-erdiagramma-v-protsesse-razrabotki (дата обращения: 01.10.2025).

УДК 004.9

РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ВЕБ-СЕРВИСА ДЛЯ ЛОГОПЕДИЧЕСКОГО ЦЕНТРА С ЭЛЕМЕНТАМИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

В.В. Бритвина, канд. пед. наук, доцент [1, а)],
М.В. Балезина, студент [2, б)],
К.Е. Басенко, студент [2, в)],
В.Д. Самохвалов, студент [2, г)],
[1] ФГАОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН», Москва, Российская Федерация
[2] ФГАОУ ВО «Московский политехнический университет», Москва, Российская Федерация
E-mail: [а)] saturn2015@mail.ru, [б)] mashabal2005@gmail.com,
[в)] karolinabas0ma@mail.ru, [г)] vyacheslav@samokhvaloff.ru

Аннотация: в статье рассматривается разработка веб-приложения для логопедического центра, предназначенного для автоматизации образовательных и организационных процессов. Представлена информационная система с абонементной формой обучения, индивидуальными расписаниями и личными кабинетами пользователей (ученик, преподаватель, администратор). Описано проектирование системы данных, включая логическую и физическую модели базы данных. Реализация решения направлена на повышение эффективности взаимодействия участников учебного процесса и оптимизацию управления занятиями.
Ключевые слова: веб-приложение, логопедический центр, абонементная система, управление расписанием, личный кабинет пользователя, автоматизация образовательных процессов.

DEVELOPMENT OF AN INTELLIGENT WEB SERVICE FOR A SPEECH THERAPY CENTER WITH ELEMENTS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE

V.V. Britvina [1, a)], **M.V. Balezina** [2, b)],
K.E. Basenko [2, c)], **V.D. Samokhvalov** [2, d)]
[1] Moscow State University of Technology «STANKIN», Moscow, Russia
[2] Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Moscow Polytechnic University», Moscow, Russia
E-mail: [a)] saturn2015@main.ru, [b)] mashabal2005@gmail.com,
[c)] karolinabas0ma@mail.ru, [d)] vyacheslav@samokhvaloff.ru

Abstract: This article discusses the development of a web application for a speech therapy center designed to automate educational and organizational processes. It

presents an information system with a subscription-based learning model, individual schedules, and user accounts (student, teacher, administrator). The design of the data system, including logical and physical database models, is described. The solution is aimed at improving the efficiency of interaction between participants in the educational process and optimizing lesson management.
Keywords: web application, speech therapy center, subscription system, schedule management, user account, automation of educational processes.

Введение

Современная логопедическая практика всё активнее использует цифровые технологии, что связано с необходимостью автоматизации образовательных и организационных процессов, индивидуализации обучения и повышения эффективности работы логопедических центров. Абонементная форма занятий, гибкое расписание и взаимодействие между учениками, преподавателями и администраторами требуют внедрения современных информационных систем.

Перспективным направлением развития таких систем является использование элементов искусственного интеллекта. Интеллектуальные веб-сервисы позволяют анализировать активность пользователей, поддерживать принятие решений при планировании занятий и адаптировать функциональность системы под особенности логопедической практики.

Разрабатываемые веб-приложения должны иметь продуманную архитектуру и корректно спроектированную систему данных, обеспечивающую надёжность работы, целостность информации и возможность масштабирования. Особое внимание уделяется поддержке абонементной системы, индивидуальных расписаний и системы домашних заданий.

Цель данной статьи — представить модель интеллектуального веб-сервиса для логопедического центра с элементами искусственного интеллекта и описать внедрение ИИ-компонентов, а также процесс проектирования логической и физической моделей базы данных.

Разработка и внедрение ИИ-функциональности

В рамках разработки интеллектуального веб-сервиса были реализованы основные пользовательские разделы, обеспечивающие взаимодействие обучающихся и преподавателей с системой. Ключевыми из них являются страницы «Моё расписание» и «Учебные материалы», в которых внедрены элементы искусственного интеллекта, направленные на автоматизацию проверки заданий и анализ учебной активности. Раздел «Учебные материалы» является центральным элементом внедрения искусственного интеллекта в системе. Преподаватель размещает логопедические задания, упражнения и тесты, а обучающийся выполняет их в цифровом формате, предоставляя краткие или развернутые ответы, а также прикрепляя файлы. После отправки работы интеллектуальный модуль автоматически анализирует ответы обучающегося: проверяет корректность выполнения заданий, сопоставляет ответы с эталонными решениями, начисляет баллы и формирует

предварительную оценку. Это позволяет существенно сократить время проверки работ и снизить нагрузку на преподавателя.

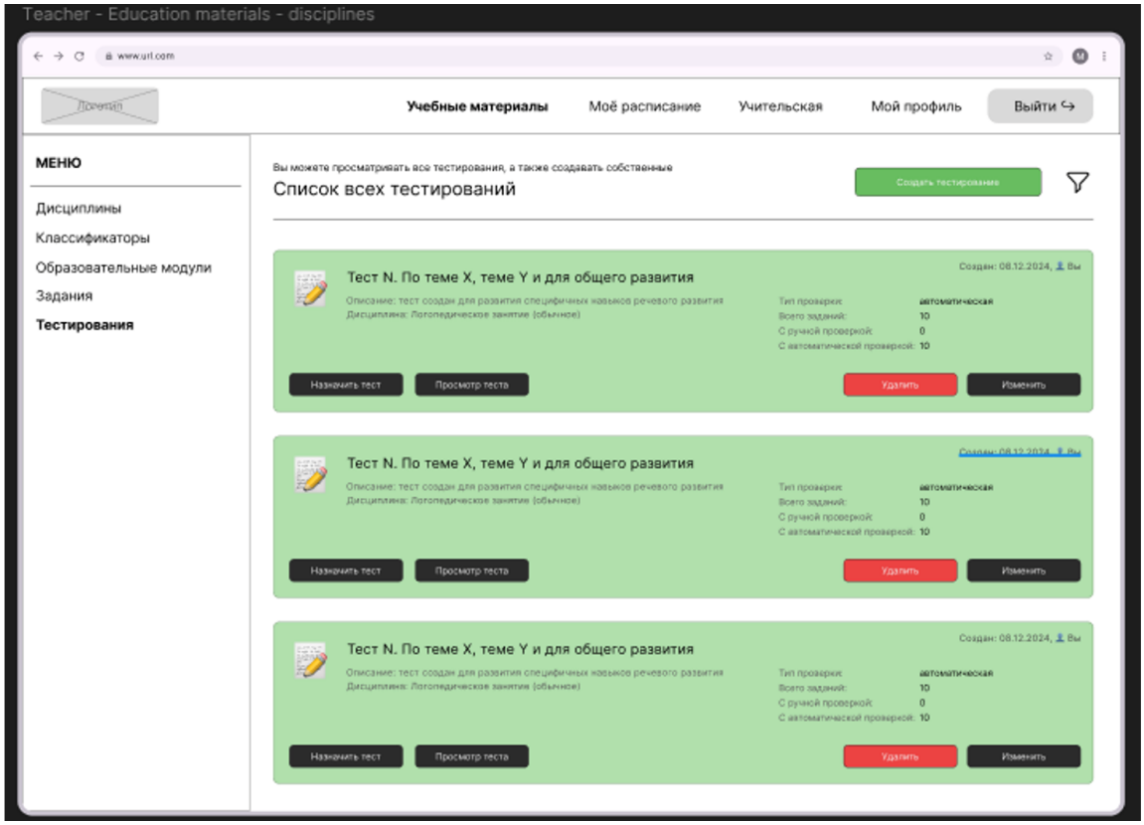


Рис. 1. Макет страницы «Учебные материалы»

Страница «Моё расписание» представляет собой персонализированный интерфейс, в котором отображаются все запланированные занятия с указанием даты, времени, дисциплины, преподавателя и места проведения. ИИ-компонент используется для анализа активности обучающегося и истории занятий, формируя напоминания о предстоящих уроках и фиксируя связь между занятиями и назначенными учебными материалами. Кроме того, данные расписания применяются для последующего анализа учебной нагрузки и построения статистики посещаемости.

Дополнительно ИИ-модуль собирает и обрабатывает статистику по результатам выполнения заданий: выявляет типичные ошибки, отслеживает динамику успеваемости и формирует аналитические отчёты для преподавателей и администраторов. Полученные данные могут использоваться для корректировки учебных материалов и повышения эффективности логопедической работы.

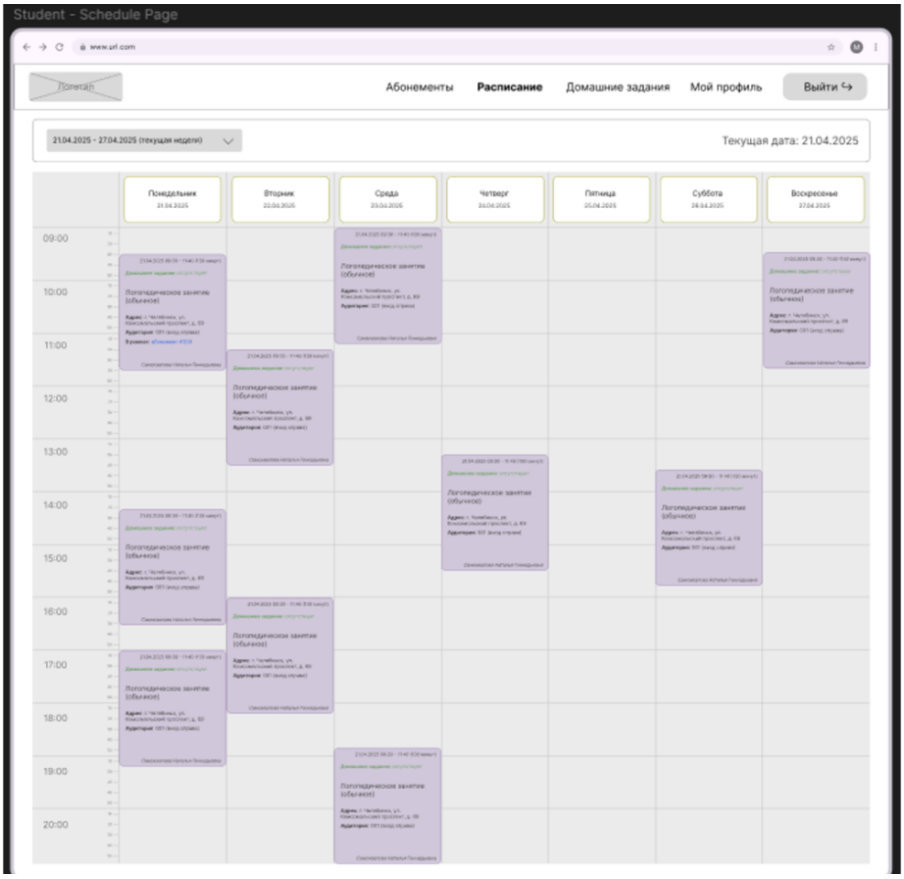


Рис. 2. Макет страницы «Расписание»

Методы

В работе использовались методы системного анализа и проектирования информационных систем. Для описания предметной области применялось entity–relationship-моделирование, на основе которого была разработана логическая и физическая модели реляционной базы данных. При проектировании интеллектуальной части системы использовались методы автоматизированной обработки учебных данных, направленные на реализацию ИИ-модуля проверки заданий и анализа результатов выполнения упражнений. Структура данных оптимизировалась с применением нормализации и с учётом требований целостности и масштабируемости.

Результаты

В результате была разработана модель интеллектуального веб-сервиса для логопедического центра, обеспечивающая автоматизацию управления абонементами, расписанием и учебными материалами. Внедрение ИИ-модуля позволяет автоматически проверять задания обучающихся, начислять баллы и формировать статистику успеваемости. Спроектированная архитектура данных обеспечивает корректную обработку информации, снижение нагрузки на преподавателей и возможность дальнейшего расширения функционала системы.

Заключение

В рамках работы была спроектирована и описана модель интеллектуального веб-сервиса для логопедического центра с элементами искусственного интеллекта. Созданная ER-диаграмма отражает основные сущности системы и их взаимосвязи, обеспечивая наглядное представление внутренней структуры приложения. Логическая и физическая модели базы данных подтверждают возможность практической реализации предложенных решений в рамках реляционной СУБД.

Разработанная архитектура поддерживает управление абонементами, расписанием занятий, учебными материалами и автоматическую проверку заданий с использованием ИИ. Это позволяет повысить объективность оценки, сократить временные затраты преподавателей и улучшить контроль учебного процесса.

Таким образом, поставленные цели работы были достигнуты, а разработанный интеллектуальный веб-сервис может быть внедрён в деятельность логопедического центра для оптимизации рабочих процессов, повышения качества обучения и внедрения современных технологий искусственного интеллекта в коррекционную практику.

Список литературы

1. Express.js: фреймворк для Node.js [Электронный ресурс]. — 2024. — URL: https://expressjs.com/ (дата обращения: 10.10.2025).

2. Spring Boot: руководство разработчика [Электронный ресурс]. — 2024. — URL: https://spring.io/projects/spring-boot (дата обращения: 10.10.2025).

УДК 004.75

РАЗРАБОТКА УНИВЕРСАЛЬНОЙ ПЛАТФОРМЫ-АГРЕГАТОРА ДАННЫХ РАСПИСАНИЙ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ НА ОСНОВЕ СТАНДАРТОВ CALDAV И ICALENDAR

Н.В. Елисеева, канд. тех. наук, доцент [1, а)],
И.В. Фоменко, студент [1, б)]
[1] ФГАОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН», Москва, Российская Федерация
E-mail: [а)] n.eliseeva@stankin.ru, [б)] fomenko2002ivan@gmail.ru

Аннотация: Рассматривается задача агрегации и унификации данных расписаний учебных занятий из различных источников. Предложена архитектура универсальной платформы на основе международных стандартов календарных данных CalDAV (RFC 4791) и iCalendar (RFC 5545). Разработан механизм автоматического восстановления расписания преподавателей и аудиторий из расписаний групп. Представлены результаты апробации системы на примере учебных заведений.

Ключевые слова: расписание, CalDAV, iCalendar, агрегация данных, учебные заведения, календарные данные.

DEVELOPMENT OF AN UNIVERSAL PLATFORM-AGGREGATOR OF CLASS SCHEDULE DATA BASED ON CALDAV AND ICALENDAR STANDARDS

N.V. Eliseeva [1, a)], **I.V. Fomenko** [1, b)]
[1] Moscow State University of Technology «STANKIN», Moscow, Russia
E-mail: [a)] n.eliseeva@stankin.ru, [b)] fomenko2002ivan@gmail.ru

Abstract: The paper addresses the problem of aggregation and unification of class schedule data from various sources. The architecture of a universal platform based on international calendar data standards CalDAV (RFC 4791) and iCalendar (RFC 5545) is proposed. A mechanism for automatic reconstruction of teachers' and classrooms' schedules from group schedules has been developed. The results of system approbation on the example of educational institutions are presented.
Keywords: schedule, CalDAV, iCalendar, data aggregation, educational institutions, calendar data.

Введение

Эффективное управление расписанием является ключевым фактором успешной организации образовательного процесса в учебных заведениях. Расписание напрямую влияет на качество образования, успеваемость учащихся и эффективность работы преподавателей. В российской системе образования более 9 миллионов студентов обучаются в высших учебных заведениях, колледжах и техникумах, а в системе работает около 370 тысяч преподавателей [1].

Анализ существующих решений выявил ряд системных проблем доступа к расписанию: ограниченная видимость расписания, неудобные форматы представления, отсутствие расписания по преподавателям и отсутствие уведомлений об изменениях.

Таблица 1. Сравнение подходов к организации расписаний

Критерий	Универсальные календари	Специализированные приложения	Предлагаемое решение
Стандарты	Частично	Нет	CalDAV, iCalendar
Централизация	Нет	Частично	Да
Интеграция с календарями	Да	Нет	Да
Восстановление данных	Нет	Частично	Да

Существующие подходы к решению проблемы включают универсальные календари, например, специализированные приложения учебных заведений и независимые парсеры. Однако все они имеют существенные ограничения: отсутствие специфических функций для образовательной среды, нет централизованного хранения данных, отсутствует интеграция между учебными заведениями [2].

Главная проблема существующих решений – отсутствие использования стандартов календарных данных iCalendar (RFC 5545) и CalDAV (RFC 4791), что позволило бы решить проблемы интеграции и совместимости [3].

Целью данной работы является разработка универсальной платформы-агрегатора данных расписаний учебных занятий с использованием международных стандартов календарных данных.

Методы

Для достижения поставленной цели была разработана архитектура платформы, основанная на разделении ответственности между компонентами (рис. 1).

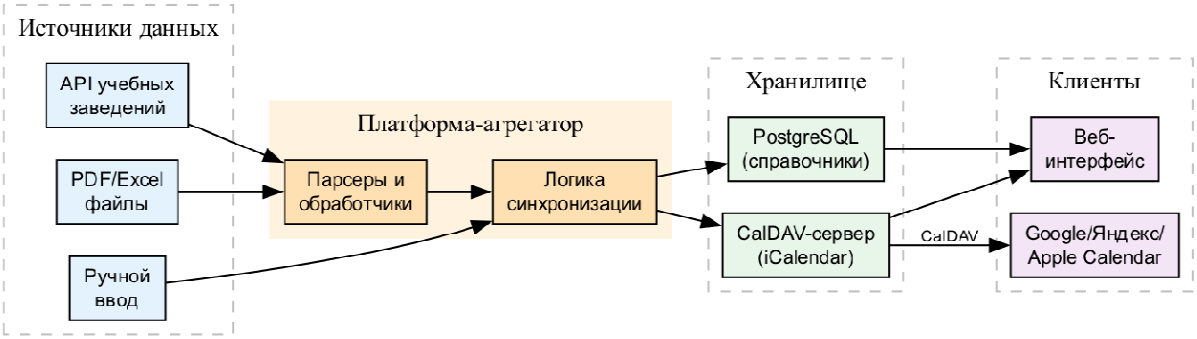


Рис. 1. Архитектура платформы-агрегатора расписаний

Источники данных включают: API учебных заведений для автоматического импорта, PDF/Excel файлы для парсинга, ручной ввод через административную панель.

Хранилище разделено на два компонента:

- PostgreSQL — для справочников организаций, групп, преподавателей, аудиторий;
- CalDAV-сервер (RFC 4791) — для событий расписания в формате iCalendar.

Платформа поддерживает три типа импорта расписаний:

- Ручной импорт – администратор вводит расписание через веб-форму;
- Файловый импорт – загрузка и парсинг PDF или Excel файлов;
- Автоматический импорт – периодический запрос API учебных заведений.

Для связи сущностей в событиях используется стандартное поле CATEGORIES формата iCalendar, позволяющее хранить идентификаторы связанных объектов: «CATEGORIES: group-123, teacher-456, room-789».

Это позволяет автоматически восстанавливать расписание преподавателей и аудиторий из расписаний групп. CalDAV поддерживает механизм фильтрации через
calendar-query REPORT с использованием prop-filter, что обеспечивает эффективную выборку событий по любому из идентификаторов.

Алгоритм обновления расписания включает следующие этапы:

1. Генерация уникального идентификатора (UID) на основе хеша названия, даты и времени события.
2. Получение существующих событий из CalDAV-сервера.
3. Сравнение новых и существующих событий по UID.
4. Обновление изменённых событий с сохранением истории.
5. Удаление отсутствующих событий.

Результаты

В результате работы реализован прототип платформы-агрегатора со следующими компонентами:

– веб-интерфейс с поддержкой отображения в режимах день/неделя/месяц;

– парсеры для импорта расписаний из PDF-файлов;

– механизм автоматического восстановления расписания преподавателей и аудиторий из расписаний групп.

Платформа поддерживает различные типы организации расписания, встречающиеся в учебных заведениях:

– Полный снимок – расписание на конкретные даты без правил повторения.

– Периодическое расписание – система «чётная/нечётная неделя» (RRULE с INTERVAL=2).

– Еженедельное расписание – стандартное недельное расписание (FREQ=WEEKLY).

Обсуждение

Предложенный подход демонстрирует эффективность применения международных стандартов календарных данных для решения задачи агрегации расписаний. Использование CalDAV обеспечивает нативную интеграцию с популярными календарными приложениями без необходимости разработки отдельных интеграций.

Механизм восстановления расписания преподавателей и аудиторий через поле CATEGORIES позволяет решить распространённую проблему учебных заведений, публикующих только расписание групп. Данный подход не требует дополнительных запросов к источникам данных и работает на уровне стандартных возможностей CalDAV.

Ограничением текущей реализации является зависимость от стабильности форматов источников данных. При изменении формата PDF-файлов учебного заведения требуется корректировка парсера.

Заключение

В ходе работы разработана универсальная платформа-агрегатор расписаний учебных заведений на основе стандартов CalDAV (RFC 4791) и iCalendar (RFC 5545). Реализован механизм автоматического восстановления расписания преподавателей и аудиторий из расписаний групп, а также механизм обработки данных для учебных заведений. Использование международных стандартов календарных данных обеспечивает совместимость со всеми популярными календарными системами и решает проблему фрагментации образовательных данных без необходимости разработки отдельных интеграций.

Список литературы

1. Федеральная служба государственной статистики. Образование в России. 2023: статистический сборник. М.: Росстат, 2023. 432 с.

2. Desmond B., Robiette R. CalDAV: Calendaring Extensions to WebDAV // RFC 4791. IETF, 2007.

3. Dawson F., Stenerson D. Internet Calendaring and Scheduling Core Object Specification (iCalendar) // RFC 5545. IETF, 2009.

УДК 004.94

ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ОСНОВАМ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПУТЁМ ГЕЙМИФИКАЦИИ

С.Н. Девицина, старший преподаватель [1, а)]
А.А. Петрушин, бакалавр[1, б)],
В.В. Харкевич, бакалавр[1, в)]
А.С. Мунтяну, бакалавр[1, г)]
А.А. Саражаков, бакалавр [1, д)]
[1] ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,
Севастополь, Российская Федерация
E-mail: [а)] sndevitsyna@sevsu.ru, [б)] strong.petrushin@list.ru,
[в)] harkevichvova@gmail.com, [г)] amuntanu78@gmail.com,
[д)] azarsarazakov@gmail.com

Аннотация: в данной статье исследуется методика использования игрового подхода для формирования навыков по основам информационной безопасности. Созданная игра адаптирована как для студентов, так и для школьников. В

процессе прохождения у пользователей формируются умения к выполнению таких задач, как сброс пароля в Linux, выполнение SQL-запросов, распознавание фишинговых писем.

Ключевые слова: геймификация, киберграмотность, информационная безопасность.

AN APPLICATION FOR TEACHING THE BASICS OF INFORMATION SECURITY THROUGH GAMING

S.N. Devitsina [1, a)], **A.A. Petrushin**[, b)], **M.A. Harckevich** [1, c)], **A.S. Muntanu**, [1, d)], **A.A. Sarazhakov** [1, e)]

[1] FSAEIHE Sevastopol State University, Sevastopol, Russian Federation

E-mail: [a)] sndevitsyna@sevsu.ru, [b)] strong.petrushin@list.ru, [c)] harkevichvova@gmail.com, [d)] amuntanu78@gmail.com, [e)] azarsarazakov@gmail.com

Abstract: This article explores a method for using a game-based approach to develop skills in the fundamentals of information security. The game is designed for both students and schoolchildren. During the gameplay, users develop skills in tasks such as resetting a Linux password, executing SQL queries, and recognizing phishing E-mails.

Keywords: gamification, cyber literacy, information security.

Введение

В последние несколько лет количество хранимых данных растёт, из-за чего впоследствии становится тяжелее организовать и обеспечить безопасность информации, чтобы справиться с этими задачами необходимо уметь пользоваться специальными системами управления базами данных [1]. При этом каждый пользователь может столкнуться с ситуацией, когда он теряет доступ к рабочей учётной записи из-за утраты пароля. В таком случае важным навыком становится процедура сброса данного пароля. Не менее важную опасность несут фишинговые письма, которые не всегда можно распознать, что в последствии влечёт угрозу конфиденциальности, целостности и доступности.

По итогам первого полугодия 2025 года социальная инженерия продолжает занимать одно из ведущих мест среди методов атак как на организации, так и на частных лиц. Основным каналом социальной инженерии в атаках на организации остается электронная почта, в атаках на частных лиц – сайты. При этом злоумышленники стали активно использовать мессенджеры в атаках на частных лиц [2].

На сегодняшний день пользователям не хватает практических умений в областях информационной безопасности. Для решений всех этих проблем была создана игра под название Phish or Fish. Название «Phish or Fish» было выбрано не случайно – слова звучат почти одинаково, но означают совершенно разное. Как и в жизни: мошенническое письмо может выглядеть как настоящее, но быть

ненадёжным. Название – вопрос, который игрок задаёт себе постоянно: "Обман это или правда? Phish or Fish?". Обучение в формате игры подходит всем – и детям, и взрослым. Так материал усваивается быстрее и намного эффективнее, а сам процесс приносит удовольствие, а не стресс и тревогу.

Методы исследования

Целью исследования является проверка эффективности игры в области информационной безопасности, фокусируясь на том, как геймифицированный подход офисной стажировки, таймера на 8 минут и система энергии в виде кружек кофе влияет на усвоение знаний по распознаванию фишинговых писем, сбросу пароля в Linux и выполнению простых SQL-запросов. Предполагается, что прохождение уровня приведет к росту правильных ответов не менее чем на 23,1%[3]. Игра была протестирована как одногруппниками, так и преподавателями, школьниками разных возрастов и с разными когнитивными функциями. Были изучены аналоги в данной сфере такие как Anti-Phishing Phil, Google Phishing Quiz и Cybersecurity Lab [4,5,6]. В основном, аналоги хороши для базового знакомства, но их минусы, в частности, отсутствие русскоязычной локализации, геймификации, а также пользователи остаются без какого-либо стимула улучшать свои навыки из-за статичных тестов, что в конечном счёте делает их менее эффективными и полезными для российской аудитории. "Phish or Fish" создана, чтобы преодолеть это: она не только учит, но и мотивирует через игру и адаптирована под реальные сценарии из рабочей практики. Это позволяет повысить киберграмотность на практике, с потенциалом для партнёрства с вузамии.

Результаты

В ходе изучения, была создана игра в приложении Gamemaker (рис. 1) в которой игрок сталкивается с реалистичными сценариями – от фишинговых писем до попыток получения пароля через поддельную форму.

В каждой ситуации пользователь должен принять решение: доверять ли сообщению или распознать в нём угрозу.

После выбора игрок получает подробный комментарий, объясняющий, почему его действие было правильным или ошибочным – это помогает закрепить знания, а также для повышения интереса и практической ценности в игру интегрированы элементы викторины, посвященные базовым навыкам работы с SQL-запросами и процедуре сброса пароля в Linux.

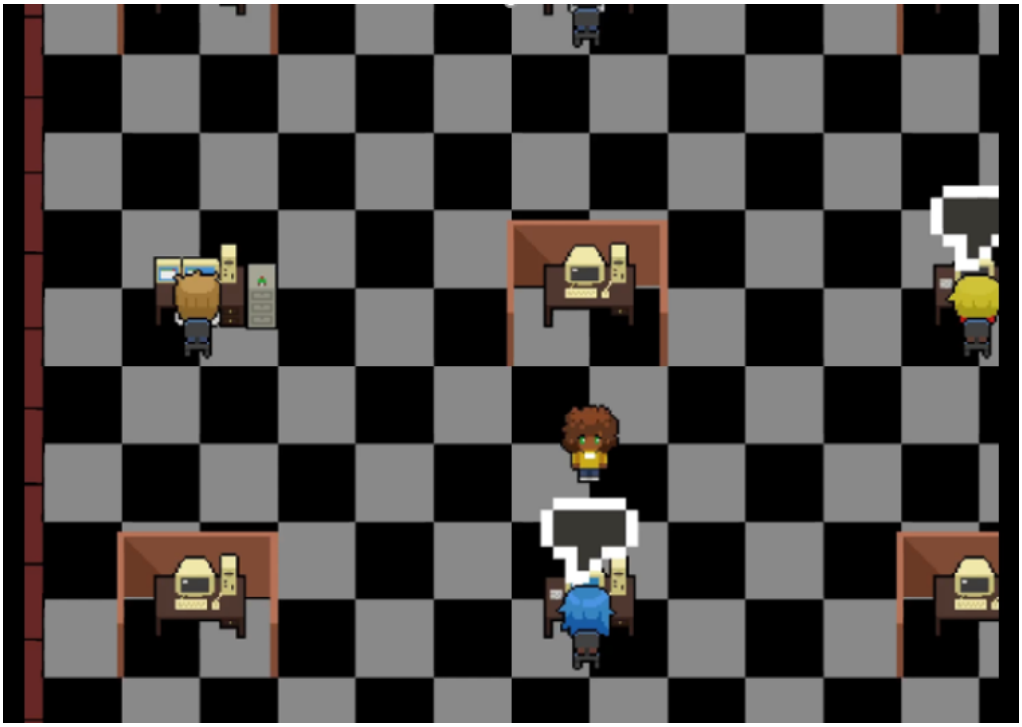


Рис. 1. Техническая реализация игры

В ходе анализа данных, полученных в результате тестирования игры "Phish or Fish", навыки пользователей в области информационной безопасности заметно повысились.

Таблица 1. Результаты тестирования

Показатель	До прохождения игры	После прохождения игры	Рост (%)
Уровень знаний (общий)	52%	79%	+27
Распознавание фишинга	48%	77%	+29
Сброс пароля в Linux	55%	79%	+24
SQL-запросы	54%	80%	+26

Рассмотрев таблицу 2, становится ясно, из всех приложений самым удобным и полезным является «Phish or Fish»

Таблица 2. Сравнительный анализ образовательных платформ по информационной безопасности

Критерий	Anti-Phishing Phil	Google Phishing Quiz	Cybersecurity Lab	Phish or Fish
Геймификация	Базовая	Отсутствует	Минимальная	Полноценная
Русская локализация	Нет	Нет	Нет	Да
Система мотивации	Счет	Отсутствует	Прогресс уровней	Энергия, таймер,прогресс
Темы	Фишинг	Фишинг	Общие концепции	Фишинг, Linux, SQL

Заключение

В заключение, игра "Phish or Fish" представляет собой эффективный инструмент геймификации для освоения основ информационной безопасности. Результаты исследования демонстрируют заметное повышение навыков у пользователей, от распознавания фишинга до работы с SQL и сбросом паролей в Linux, превращая теоретические знания в практические навыки.

Список литературы

1. Российский бизнес массово готовится к увеличению объёмов корпоративных данных // Издание «IKS Media» URL: https://www.iksmedia.ru/articles/6067647-Rossijskij-biznes-massovo-gotovitsy.html (дата обращения: 10.11.2025).
2. Актуальные киберугрозы: I–II кварталы 2025 года // Исследование Positive Technologies. URL: https://ptsecurity.com/research/analytics/aktual-nye-kiberugrozy-i-ii-kvartaly-2025-goda/ (дата обращения: 16.11.2025).
3. Геймификация в обучении рабочей силы: улучшение самоэффективности сотрудников, информационной безопасности и поведения по защите данных // Цифровой архив «ScienceDirect» URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0148296324001899 (дата обращения: 18.11.2025).
4. Anti-Phishing Phil: Обучающая веб-игра по распознаванию фишинговых ссылок и URL // Разработка Carnegie Mellon University URL: https://www.cmu.edu/iso/aware/phil/index.html (дата обращения: 06.11.2025).
5. Google Phishing Quiz: Онлайн-тест по распознаванию фишинговых E-mail без игровых элементов // Разработка «Jigsaw Google» URL: https://phishingquiz.withgoogle.com/ (дата обращения: 19.11.2025).
6. Cybersecurity Lab: Браузерная игра по основам кибербезопасности с реалистичными сценариями // Разработка PBS NOVA Labs URL: https://www.pbs.org/wgbh/nova/labs/lab/cyber/ (дата обращения: 20.11.2025).

УДК 004.056

РАЗРАБОТКА ЗАЩИЩЁННОГО ДЕТСКОГО ВЕБ-БРАУЗЕРА

В.Ю. Воробьев, студент [1)]
В.С. Хорошайло, студент [1, а)]
С.Н. Девицина, канд. тех. наук, доцент [1, б)]
ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,
Севастополь, Российская Федерация
E-mail: [а)] vladkrutiyvdvoine@gmail.com, [б)] sndevitsyna@sevsu.ru

Аннотация: рассматривается проблема низкой эффективности существующих решений для безопасного веб-сёрфинга детей, которые легко обходятся, имеют

высокий уровень ложных срабатываний и не способствуют формированию полезных цифровых привычек. Разработана архитектура защищённого детского веб-браузера с интегрированной системой интеллектуальной фильтрации контента, удалённым управлением через Telegram-бота и геймифицированной образовательной средой. Эффективность подхода подтверждена реализацией прототипа с использованием каскадной системы фильтрации и адаптивного дизайна.
Ключевые слова: детский браузер, безопасный веб-сёрфинг, родительский контроль, геймификация, Telegram-бот, интеллектуальная фильтрация, цифровая грамотность.

DEVELOPMENT OF A SECURE CHILDREN'S WEB BROWSER

V.Y. Vorobiov [1)], **V.S. Horoshailo** [1, a)], **S.N. Devitsyna** [1, b)]
[1] Sevastopol State University, Sevastopol, Russian Federation
E-mail: [a)] vladkrutiyvdvoine@gmail.com, [b)] sndevitsyna@sevsu.ru

Abstract: The paper addresses the problem of low efficiency of existing solutions for children's safe web surfing, which are easily bypassed, have a high false positive rate, and do not promote healthy digital habits. A secure children's web browser architecture has been developed, integrating intelligent content filtering, remote management via a Telegram bot, and a gamified educational environment. The effectiveness of the approach is confirmed by a prototype implementation using a cascade filtering system and adaptive design.
Keywords: children's browser, safe web surfing, parental control, gamification, Telegram bot, intelligent filtering, digital literacy.

Введение

Рост количества цифровых угроз для детей и подростков, а также низкая эффективность существующих инструментов родительского контроля делают задачу создания защищённого веб-браузера критически важной. Согласно данным социологического исследования, 96% подростков в России уже сталкивались с цифровыми угрозами, а 81% детей подвергались мошенническим действиям в сети. При этом уровень цифровой грамотности остаётся низким: лишь треть подростков способны распознать признаки мошенничества [1].

Основная проблема существующих решений (Kaspersky Safe Kids, Qustodio, Яндекс.Браузер с семейным режимом) заключается в их фрагментарности и реактивности: они фокусируются на запретах и мониторинге, легко обходятся технически подкованными детьми, не предлагают позитивной альтернативы и не способствуют формированию осознанного поведения в сети. Уровень ложных срабатываний и сложность настройки приводят к «усталости от предупреждений» у родителей [1].

Целью данной работы является разработка архитектуры и реализация защищённого детского веб-браузера, который не только блокирует угрозы, но и формирует безопасную, развивающую цифровую среду через интеграцию интеллектуальной фильтрации, геймификации и удалённого родительского управления.

Методы

Для достижения поставленной цели предложена многоуровневая архитектура браузера, сочетающая защитные, образовательные и мотивационные компоненты.

1. Система интеллектуальной фильтрации контента

Фильтрация реализована на нескольких уровнях:

— блокировка недетских сайтов: интеграция ии для анализа содержания сайта и проверки на наличие неприемлемого контента;

— видоизменение нецензурной лексики: в родительской панели доступна настройка способа фильтрации (замена на звёздочки или нейтральные фразы), а также создание пользовательских списков запретных слов;

— блокировка изображений и видео: реализована функция анализа визуального контента с возможностью его размытия или удаления.

2. Механизм удалённого управления через Telegram-бота

Для преодоления цифрового разрыва между родителями и детьми реализован Telegram-бот со следующими функциями:

— уведомления о попытках доступа к запрещённым ресурсам или родительской панели;

— дистанционная настройка белых/чёрных списков и фильтров слов;

— отслеживание прогресса ребёнка;

— система поощрений/наказаний через изменение внутренней валюты ребёнка.

3. Геймифицированная образовательная среда

Для мотивации ребёнка к безопасному и полезному использованию интернета реализованы:

— адаптивный дизайн с элементами геймификации;

— внутренняя валюта и достижения за посещение образовательных ресурсов;

— виртуальный помощник «браузи», который хвалит за успехи и напоминает об отдыхе;

— Мини-игра «Зоопарк», где ребёнок может развивать виртуальный зоопарк, используя заработанную валюту.

4. Техническая реализация

— ядро браузера: на базе открытых решений с глубокой интеграцией фильтров;

— родительская панель: защищена паролем, доступна только взрослым;

— система обновлений: регулярное пополнение баз фильтрации и образовательного контента.

Таблица 1. Показатели архитектуры защиты и конкурентных преимуществ Browzoo

Уровень защиты	Технология/механизм	Решаемая задача	Преимущество над аналогами
Проактивный	Искусственный интеллект для контент-анализа	Автоматическое обнаружение и блокировка недетского контента (текст, изображения, видео) в реальном времени	Преодоление ограничений статических чёрных список. Адаптация к новым угрозам
Адаптивный	Настраиваемый фильтр слов и контента	Замена нецензурной лексики, размывание или замена неподходящих медиафайлов	Гибкость: родители выбирают степень фильтрации (замена/блокировка)
Мотивационный	Встроенная геймификация и образовательная экосистема	Замещение «пустого» сёрфинга курсами, мини-играми и проектом «Зоопарк» для развития навыков	Не просто ограничивает, а предлагает лучшую альтернативу, формируя полезные привычки
Управленческий	Telegram/MAX-бот для родительского контроля	Удалённые настройки, мгновенные уведомления о попытках доступа к запрещённому контенту, управление поощрениями	Простота и оперативность для родителя. Непреодолимый барьер для ребёнка
Психологический	Виртуальный помощник Браузи и система достижений	Формирование позитивной обратной связи, напоминания об отдыхе, похвала за учебные успехи	Поддержка цифрового благополучия и самостоятельного принятия решений ребёнком

Результаты

Показано, что в сравнении с существующими решениями для защиты детей в интернете, разработанный прототип защищённого детского веб-браузера Browzoo обеспечивает более высокую устойчивость к обходу ограничений, реализует бесплатную модель распространения и сочетает в себе три уникальных компонента: интеллектуальную фильтрацию контента, геймифицированную образовательную среду и механизм удалённого родительского управления через Telegram-бота, отсутствующие в совокупности у аналогов.

Заключение

Исследована и программно реализована архитектура защищённого детского веб-браузера на примере решения задачи комплексной защиты несовершеннолетних пользователей с одновременным формированием

осознанных цифровых привычек, повышением мотивации к безопасному поведению в сети и обеспечением удобного удалённого взаимодействия между ребёнком и родителем.

Список литературы

1. Альянс по защите детей в цифровой среде. Исследование цифровых угроз для детей в России. 2023. URL: https://internetforkids.ru
2. Mediascope. Исследование цифровых привычек детей и подростков. 2024. URL: https://files.data-economy.ru/Docs/RT-KIDS-2024_light.pdf
3. Anti-Malware. Исследование: дети легко обходят базовые настройки родительского контроля. 2025. URL: https://www.anti-malware.ru/news/2025-09-01-121598/47166
4. Известия. Юсуфов Р., Белякова Е. Индекс безопасности детства в цифровой среде появится в России. 2025. URL: https://en.iz.ru/en/1845262/2025-02-26/index-childhood-safety-digital-environment-will-appear-russia
5. Координационный центр национального домена сети Интернет. Запуск сервиса КиберЗащитник для безопасного интернета для детей. 2025. URL: https://cctld.ru/media/news/industry/37288/
6. ТАСС. В Госдуме предложили сделать курс по кибербезопасности обязательным для школьников. 2025. URL: https://tass.ru/obschestvo/23247057
7. Психологические исследования: электрон. науч. журн. Цифровая безопасность детей и подростков: психологический аспект. 2023. URL: https://psy.su/pubs/10814/
8. RTVI. Ради защиты детей: зачем на самом деле государству нужны ваши данные? 2025. URL: https://rtvi.com/opinions/radi-zashhity-detej-zachem-na-samom-dele-gosudarstvu-nuzhny-vashi-dannye/
9. Воробьев В.Ю., Хорошайло В.С., Девицина С.Н. Разработка защищённого детского веб-браузера. Севастопольский государственный университет. 2025.

Секция 4

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ И ИНФОРМАЦИИ

Section 4

METHODS AND MEANS OF ENSURING THE SECURITY OF OBJECTS AND INFORMATION

УДК 004.056

МОДЕЛЬ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСОВ НА ИНФОРМАЦИОННУЮ БЕЗОПАСНОСТЬ В ГОСУДАРСТВЕННОМ СЕКТОРЕ

И.А. Коростелкина, д-р эконом. наук, профессор [1, а)],
Г.М. Васильев, аспирант [1, б)]
[1] МФПУ «Синергия», Москва, Российская Федерация
E-mail: [а)] IKorostelkina@synergy.ru, [б)] grisch.vasiljew2012@yandex.ru

Аннотация. В условиях цифровой трансформации государственное управление сталкивается с необходимостью перехода от реактивных к прогностическим методам обеспечения информационной безопасности. Ограниченность бюджетных ресурсов и растущая сложность киберугроз требуют научно обоснованных подходов к распределению средств. В статье рассматривается комплексная математическая модель, основанная на методах многокритериальной оптимизации, системного анализа и оценки рисков. Модель позволяет определять приоритеты финансирования защитных мер с учётом критичности информационных систем, уровня киберрисков и экономической эффективности, обеспечивая сбалансированное и прозрачное управление безопасностью в государственном секторе.
Ключевые слова: многокритериальная оптимизация, распределение ресурсов, информационная безопасность, государственный сектор

A MODEL OF MULTI-CRITERIA OPTIMIZATION OF RESOURCE ALLOCATION FOR INFORMATION SECURITY IN THE PUBLIC SECTOR

I.A. Korostelkina[1, a)], **G.M. Vasiliev** [1, б)]
[1] Synergy University, Moscow, Russian Federation
E-mail: [a)] IKorostelkina@synergy.ru, [b)] grisch.vasiljew2012@yandex.ru

Abstract. In the context of digital transformation, public administration is faced with the need to shift from reactive to predictive methods of ensuring information security. Limited budgetary resources and the growing complexity of cyber threats require scientifically based approaches to resource allocation. This article examines a comprehensive mathematical model based on multi-criteria optimization, systems analysis, and risk assessment methods. The model enables prioritizing funding for protective measures based on the criticality of information systems, the level of cyber risks, and cost effectiveness, ensuring balanced and transparent security management in the public sector.
Keywords: multicriteria optimization, resource allocation, information security, public sector

Введение

Цифровая трансформация государственных услуг и инфраструктуры сопровождается экспоненциальным ростом объёмов данных и автоматизацией процессов. Это формирует новую парадигму управления информационной безопасностью. Если на предыдущих этапах (автоматизации и информатизации) преобладали реактивные подходы к защите, то современный этап требует прогностических методов, способных учитывать системную взаимосвязь экономических, технологических и регуляторных факторов. Эта необходимость обусловлена тем, что традиционные экспертные методы распределения ресурсов демонстрируют свою ограниченность в условиях каскадного характера современных киберугроз, усиленных использованием злоумышленниками искусственного интеллекта и средств автоматизации.

Результатом ускоренной цифровизации становится не только расширение арсенала киберпреступников, но и фундаментальное изменение логики функционирования экономических систем. В этих условиях информационная безопасность приобретает системообразующее значение, напрямую определяя устойчивость инфраструктуры цифрового государства и уровень доверия граждан к электронным сервисам. Современные киберугрозы включают не только традиционные DDoS-атаки, фишинг и вредоносное программное обеспечение, но и атаки с использованием генеративного ИИ, компрометацию CRM-систем, целенаправленные действия APT-группировок (27 активных группировок по данным 2024 г.) [1], утечку персональных данных (в I полугодии 2025 года государственные структуры составили 5,5% от всех утечек) [2] и каскадные атаки на цепочки поставок (по данным TASS каждая вторая российская компания подверглась кибератаке в 2025 году, атаки происходят каждые три минуты) [3]. Масштаб проблемы подтверждается динамикой рынка: объем российского рынка информационной безопасности в 2025 году достиг 369 млрд руб., что на 48,5% выше показателей 2023 года [4]. Государственный сектор демонстрирует последовательное наращивание инвестиций: госзакупки в сфере информационной безопасности выросли на 13% в 2024 году [5].

Рост количества и сложности кибератак создает прямую угрозу устойчивости государственного управления и национальной безопасности. Компрометация конфиденциальной информации может привести не только к прямым финансовым потерям, но и к нарушению работы критической инфраструктуры государства, а именно энергетической, транспортно-логистической систем, отрасли связи и финансовой системы.

Однако существующая развитая нормативная база и методические рекомендации по обеспечению кибербезопасности в текущей практике по-прежнему реализуются преимущественно экспертными и эвристическими подходами. Это существенно ограничивает точность и воспроизводимость принимаемых решений о приоритизации защитных мер. Именно в этом контексте математическое моделирование становится ключевым инструментом, позволяющим не только формализовать процесс принятия решений, но и

последовательно реализовать принцип риск-ориентированного управления в условиях цифровой экономики. По прогнозам экспертов, к 2030 году российский рынок информационной безопасности достигнет 600-700 млрд руб., что обусловлено как цифровизацией, так и требованиями импортозамещения средств защиты информации [4, 6].

Актуальность и новизна исследования

Вопросы многокритериальной оптимизации при управлении безопасностью информационных систем рассматривались в работах Д.А. Москвина, М.О. Калинина [7], А.С. Большакова, Д.И. Раковского [8]. Авторы рассматривают перспективы использования многокритериальной оптимизации в области информационной безопасности. Многокритериальный подход для улучшения видимости кибербезопасности с помощью моделирования взломов и атак представлен в работе Horta Neto A.J., Filho Holanda R., Marinho R.A. [9], в которой в качестве эксперимента предлагается формальный и автоматический метод составления планов действий с указанием приоритетов для повышения прозрачности среды. С точки зрения оценки эффективности распределения ресурсов на информационную безопасность исследуются экономические показатели, определяющие оптимальный комплекс мер с учетом заданных ограничений (Ажмухамедов И.М., Ханжина Т.Б. [10]), системы защиты информации в организации в целом (Е.В. Стельмашонок, В.Л. Стельмашонок [11]). Оценка рисков и применение к ней методов математического моделирования актуализируется В.К. Селюковым [12].

В этой связи актуальность данного исследования определяется объективной потребностью в научно обоснованных методах распределения средств на информационную безопасность, учитывающих стратегические приоритеты цифрового развития и мультипликативный характер последствий кибератак. В отличие от корпоративного сектора, где доминирующим критерием эффективности зачастую является экономическая результативность, государственный сектор требует учета сложной системы разнородных приоритетов, включающей социальную значимость, непрерывность критических услуг, требования национальной безопасности и нормативные установки регуляторов. Именно эта многомерность и делает задачу распределения ресурсов принципиально многокритериальной. В данном контексте Л.Н. Алексеевой [13] структурированы составляющие системы информационной безопасности органов государственной власти. Целью настоящего исследования является разработка комплексной математической модели для определения оптимальных приоритетов финансирования мероприятий по защите информационных систем государственных органов. В отличие от существующих подходов, предлагаемая модель специально адаптирована к специфике государственного сектора, где решения должны учитывать не только экономическую эффективность, но и социальную значимость, регуляторные требования и стратегические приоритеты цифровой трансформации.

Новизной исследования можно считать интеграцию трех методологических подходов: теории системного анализа, современных моделей оценки киберрисков и методов многокритериальной оптимизации в единую научную модель, специально адаптированную к условиям государственного управления. В отличие от существующих моделей, разработанный подход учитывает специфику государственного управления: жесткие нормативно-бюджетные правила, социальную значимость сервисов и императивные требования регуляторов в сфере кибербезопасности.

Методологический базис

В основе решения задачи оптимального распределения ресурсов на защиту информационных систем авторами закладывается синтез трех ключевых методологических компонент.

Первый компонент - теория системного анализа, позволяющая структурировать сложную задачу управления безопасностью и выявить критически важные взаимосвязи внутри цифровой инфраструктуры государства. Это включает идентификацию критических информационных систем, анализ зависимостей между ними, выявление потенциальных каскадных эффектов при реализации киберинцидентов и оценку влияния отказа каждой системы на общую функциональность государственного управления.

Второй компонент - оценка киберрисков, проводимая на основе современных моделей, позволяющих бесшовно осуществить переход от качественных описаний уровня безопасности к количественным оценкам вероятности и потенциального ущерба от инцидентов. Это позволяет унифицировать процесс оценки угроз для систем различного типа и масштаба, обеспечивая сопоставимость результатов.

Третий компонент - методы многокритериальной оптимизации, которые формализуют процесс поиска компромиссных решений между конкурирующими целями (уровень безопасности, объём затрат, соответствие нормативным требованиям) в условиях ограниченных ресурсов. При этом оптимальное решение определяется на основе анализа Парето-фронта - множества решений, в которых улучшение одного критерия невозможно без ухудшения другого.

Такой синтез методологических компонент позволяет преодолеть ключевое ограничение существующих подходов - разрозненность оценок риска, критичности и экономической эффективности, обеспечивая целостный процесс принятия управленческих решений. Особенностью предлагаемого подхода является его ориентация на использование в рамках программ цифровой трансформации и национальных проектов, где требуется прозрачное, обоснованное и воспроизводимое распределение ресурсов в условиях неопределенности.

Построение математической модели

Предлагаемая модель многокритериальной оценки рассматривается как инструмент поддержки принятия решений, позволяющий определить оптимальное распределение ограниченных бюджетных средств между различными мерами защиты с учетом их влияния на общую устойчивость цифровой инфраструктуры.

В отличие от традиционных экспертных подходов, авторский подход позволяет формализовать процесс выбора приоритетов и учитывать количественные показатели критичности, вероятности рисков и экономической эффективности защитных мер (рис. 1). Таким образом, создается научно обоснованный механизм формирования программ информационной безопасности в государственном секторе, обеспечивающий переход от субъективных оценок к объективному ранжированию систем по степени их защищенности.

Критерий критичности информационной системы отражает её влияние на непрерывность выполнения государственных функций, социально-экономические последствия возможного сбоя, требования регуляторов и уровень конфиденциальности обрабатываемых данных.

Критерий уровня киберриска характеризует вероятность реализации угроз и масштаб потенциального ущерба, включая финансовые потери, нарушение непрерывности услуг, нанесение вреда гражданам и подрыв доверия к государственным сервисам.

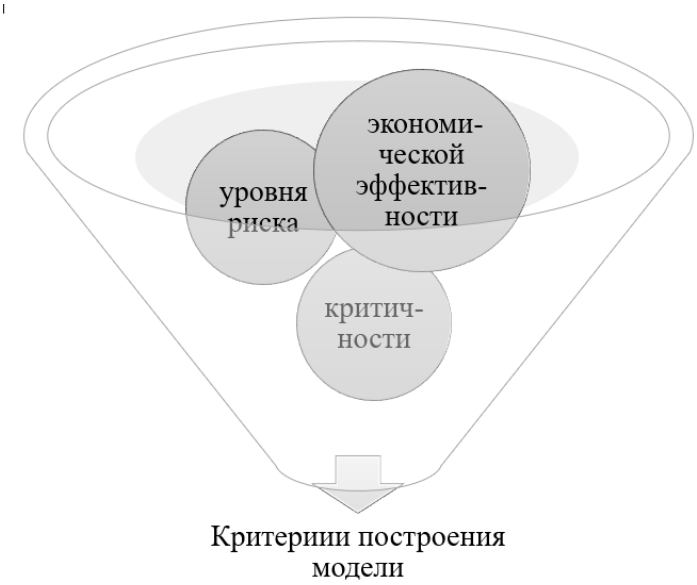


Рис. 1. Критерии построения авторской модели выбора приоритетов

Критерий экономической эффективности защитных мер описывает соотношение затрат на внедрение и эксплуатацию защитных мер и предотвращенных потерь от возможных инцидентов.

Эти критерии взаимосвязаны и дополняют друг друга, образуя основу для принятия решений о приоритете финансирования.

Для количественного описания значимости каждой информационной системы используется интегральный показатель критичности, который формируется на основе совокупности факторов, отражающих роль системы в работе органов государственной власти, социально-экономические последствия ее простоя, требования регуляторов и уровень конфиденциальности обрабатываемых данных. Интегральный показатель критичности определяется как взвешенная сумма нормализованных параметров:

$$K_i = \alpha_1 U_i + \alpha_2 S_i + \alpha_3 N_i + \alpha_4 D_i \quad (1)$$

где U_i - уровень влияния системы на предоставление государственных услуг;

S_i - ожидаемые социально-экономические потери от простоя системы;

N_i - показатель, оценивающий уровень соответствия i-ой информационной системы нормативным требованиям;

D_i- доля обрабатываемой информации ограниченного доступа.

Нормализованный значения каждого из показателей находятся в диапазоне от 0 до 1.

Здесь α_1, α_2, α_3, α_4 - весовые коэффициенты, задающие относительную важность указанных факторов. Они определяются на основе экспертных оценок и нормируются по условию $\sum {\alpha_i}^4=1$. Такой подход позволяет сопоставлять информационные системы различного назначения, определяя их приоритет в распределении ресурсов на защиту и обеспечивая объективное ранжирование по степени значимости.

Деятельность государственных органов в сфере информационной безопасности регулируется требованиями Федерального закона от 26 июля 2017 г. №187-ФЗ «О безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации» [14], а также нормативами Приказа ФСТЭК №117 от 11 апреля 2025г. и обязательного использования сертифицированных российских средств защиты информации (Указ Президента №250 от 1 мая 2022 г.) [15]. Разрабатываемая модель функционирует в рамках сложившегося правового поля: Доктрина информационной безопасности РФ [16] формирует стратегические приоритеты, находящие отражение в критериях модели, а Федеральный закон от 24 июня 2014 г. № 172-ФЗ «О стратегическом планировании» [17] определяет среднесрочный и долгосрочный горизонты планирования, для которых предназначен предлагаемый оптимизационный инструмент [13]. Именно в этом контексте нормативное требование $R_i \leq$ ФП, встроенное в модель, является операционализацией законодательных установок на уровне конкретной информационной системы. N_i как один из четырех ключевых критериев оценки критичности информационной системы, показывает, насколько система соответствует обязательным нормативным актам в области информационной безопасности. Данными нормативными актами задается минимально допустимый уровень безопасности (ФП), который государственный орган обязан обеспечить по закону.

Киберриск отражает вероятность реализации угрозы и возможный ущерб, который может быть нанесен системе. В рамках модели риск интерпретируется как комплексный показатель, учитывающий статистику инцидентов, степень уязвимости, уровень защищенности и критичность данных. Риск (R_i) определяется в обобщенном виде:

$$R_i = P_i \times L_i, \quad (2)$$

где P_i - вероятность наступления инцидента для системы i (вероятностная оценка от 0 до 1);

L_i - предполагаемый ущерб от реализации инцидента, включающий финансовые, репутационные и организационные потери (измеряется в условных или денежных единицах). Такое представление позволяет унифицировать процесс оценки угроз для систем различного типа и масштаба.

P_i может быть оценена на основе исторических данных об инцидентах в аналогичных системах, результатов оценки уязвимостей и тестирования на проникновение, анализа угроз и потенциальных векторов атак, учета текущего уровня защищенности системы.

Остаточный риск после внедрения защитных мероприятий ($R_i^{ост}$) уменьшается, и его можно рассчитать, как:

$$R_i^{ост} = R_i - \Delta R_i = P_i * L_i - \sum_j e_{ij} * m_{ij} \quad (3)$$

ΔR_i - снижение риска вследствие реализации защитных мер;

e_{ij} - эффективность j-й защитной меры для системы i;

m_{ij} - бинарная переменная, указывающая на реализацию (1) или нереализацию (0) j-й защитной меры для системы i.

Экономическая эффективность защитных мер отражает степень оправданности затрат на их реализацию. В рамках модели предлагается оценивать, насколько конкретное мероприятие по защите позволяет снизить риск в пересчете на единицу затрат. Показатель экономической эффективности (E_j) можно рассчитать как:

$$E_j = \frac{\Delta R_j}{C_j} \quad (4)$$

где ΔR_j - снижение совокупного риска всех систем в результате реализации j-й защитной меры;

C_j - затраты на внедрение и эксплуатацию j-й защитной меры в течение планового периода. В условиях импортозамещения средства защиты информации компонента C_j включает затраты на переход к сертифицированным российским решениям, что в среднем требует от 5 месяцев до 1 года, а также учитывает рост бюджетов на информационную безопасность в государственном секторе на 29% в 2025 году [4, 18].

В процессе распределения ресурсов меры с более высоким показателем экономической эффективности целесообразно приоритизировать.

Обеспечивая комплексный подход к защите данных и повышая надежность функционирования государственных информационных систем необходимо поэтапное применение модели, для наглядного представления которой

разработана структурно-логическая схема процесса многокритериальной оптимизации (рис. 2). Данная схема визуализирует последовательность этапов отсбора исходных данных до формирования обоснованного плана защиты и демонстрирует интеграцию трех ключевых компонентов модели: системного анализа, оценки рисков и оптимизации распределения ресурсов.

Таким образом, в модель встроены два ключевых внешних ограничения: бюджетное ограничение (B), исключающее варианты решений с совокупной стоимостью защитных мер, превышающей установленный лимит, и нормативные требования ($R_i \leq$ ФП), выступающие законодательным ограничителем, гарантирующим, что итоговый оптимальный план защиты будет не просто экономически эффективным, но и строго соответствовать установленным законом минимальным стандартам безопасности для каждой информационной системы.

Постановка оптимизационной задачи и логика решения

Задача многокритериальной оптимизации распределения ресурсов формулируется как поиск такого набора мероприятий, который обеспечивает минимизацию совокупного уровня риска при ограниченном бюджете. При этом учитываются финансовые ограничения (установленные лимиты средств), нормативные требования к минимальному уровню защищенности, а также взаимозависимости между системами и мерами защиты.



Рис. 2. Схема процесса многокритериальной оптимизации управления информационной безопасностью

Таким образом, при построении модели оптимизации необходимо предусматривать не только экономические и риск-ориентированные параметры, но и соответствие законодательным нормам, регулирующим безопасность системы. Оптимизационная задача может быть представлена следующим образом:

$$F_1(x) = \sum R_i^{ост}(x) \to \min$$
$$F_2(x) = \sum C_i(x) \to \min$$

при ограничениях:

$$\sum C_i(x) \leq B$$
$$R_i^{ост}(x) \leq R_i^{доп}$$
$$x \in X$$

где $R_i^{ост}$ (x) - остаточный риск i-й системы после реализации мер защиты;

$C_i(x)$ - затраты на внедрение и эксплуатацию защитных мер для системы i;

B - общий объем бюджетных ассигнований;

$R_i^{доп}$ - допустимый уровень риска согласно требованиям регуляторов;

X - множество допустимых решений, учитывающее технические и организационные ограничения.

В современных условиях средний бюджет государственных организаций на информационную безопасность в 2025 году составил 102 млн руб./год, увеличившись на 29% по сравнению с 2024 годом [4]. Столь значительный рост инвестиций при сохраняющихся бюджетных ограничениях делает задачу оптимального распределения ресурсов особенно актуальной и требует применения математических методов для максимизации защищенности при заданном параметре B.

Оптимальное решение определяется на основе анализа Парето-фронта - множества решений, в которых улучшение одного критерия (например, снижение совокупного риска) невозможно без ухудшения другого критерия (например, увеличения затрат). Методология решения включает последовательную оценку компромиссов между уровнями безопасности и объемами финансирования, что обеспечивает сбалансированное распределение ресурсов.

В современных условиях технологического суверенитета ограничения модели должны учитывать требования импортозамещения: обязательное использование сертифицированных российских средств защиты информации (более 4000 решений в реестре ФСТЭК) [18-20] и переход на отечественное программное обеспечение согласно срокам, установленным для субъектов критической информационной инфраструктуры [18-20].

Особенностью предлагаемого подхода является учет не только прямых финансовых потерь, но и социально-экономических последствий нарушения функционирования государственных информационных систем, включая репутационные издержки и потерю доверия к цифровым сервисам государства.

На практике поэтапное применение модели в процессе планирования мероприятий по информационной безопасности целесообразно для:

1) годовых плановых мероприятий. В начале каждого финансового года необходимо проводить пересчет показателей критичности и рисков с учетом произошедших изменений в киберугрозной среде и архитектуре информационных систем.

2) среднесрочных плановых мероприятий. Целесообразна разработка программ защитных мер, обеспечивающих поэтапное снижение рисков и повышение устойчивости систем.

3) интеграция с бюджетным планированием. Результаты оптимизации можно применять при формировании заявок на выделение средств на информационную безопасность.

4) адаптации к изменениям. При возникновении новых угроз или выделении дополнительных ресурсов необходимо осуществлять перерасчет приоритетов и корректировку плана.

Заключение

Разработанная модель многокритериальной оптимизации позволяет комплексно учитывать критичность систем, уровень киберрисков и экономическую эффективность защитных мер, обеспечивая рациональное распределение бюджетных ресурсов. Научная новизна подхода заключается в интеграции методов анализа рисков и экономического моделирования применительно к специфике цифровой экономики государственного управления, где необходимо балансировать между множеством конкурирующих целей и жесткими ограничениями.

Предложенная модель предусматривает практическую применимость математического моделирования для решения задач управления информационной безопасностью в государственном секторе. Предложенный подход позволяет перейти от субъективных экспертных оценок к объективным количественным методам обоснования управленческих решений, что соответствует принципам прозрачности и подотчетности в государственном управлении.

Список литературы

1. Россия вошла в топ-10 по расходам на кибербезопасность – URL: https://cipr.ru/izdanie-2025/rossiya-voshla-v-top-10-po-rashodam-na-kiberbezopasnost.

2. Россия укрепляет информационную безопасность: новые вызовы и достижения сентября 2025 – URL: https://www.ec-rs.ru/blog/drugoe/rossiya-ukreplyaet-informatsionnuyu-bezopasnost-novye-vyzovy-i-dostizheniya-sentyabrya-2025.

3. Эксперты оценили тренды 2024-2025 годов в российской информационной безопасности – URL: https://tass.ru/ekonomika/22774615.

4. Злобин А. Эксперты оценили объем рынка информационной безопасности России в 369 млрд рублей – URL: https://www.forbes.ru/tekhnologii/539994-eksperty-ocenili-ob-em-rynka-informacionnoj-bezopasnosti-rossii-v-369-mlrd-rublej.

5. Любавина А. В России выросли госзакупки в сфере инфобезопасности – URL: https://gov.cnews.ru/news/top/2025-03-03_v_rossii_vyrosli_goszakupki.

6. Кудрин Е. Кибербезопасность на пике спроса: что движет отраслью в 2024–2025 годах – URL:https://www.anti-malware.ru/analytics/Technology_Analysis/Cybersecurity-market-trends-2024-2025.

7. Москвин Д.А. Перспективы использования многокритериальной оптимизации при управлении безопасностью информационных систем / Д.А Москвин, М.О. Калинин // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. – 2008. - № 2(18). – Ч. 1. – С. 128-129. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-ispolzovaniya-mnogokriterialnoy-optimizatsii-pri-upravlenii-bezopasnostyu-informatsionnyh-sistem.

8. Большаков А.С. Эффективный метод многокритериального анализа в области информационной безопасности / А.С. Большаков, Д.И. Раковский // Правовая информатика. – 2020. - №4. – С. 55-66.

9. Horta Neto A.J. Multi-criteria Approach to Improve the Cyber Security Visibility Through Breach Attack Simulations / A.J. Horta Neto, H.R. Filho, R.A. Marinho // Proceedings of the Simpósio Brasileiro de Segurança da Informação e de Sistemas Computacionais. - 2022. - №9. - URL: https://www.researchgate.net/publication/363678876_A_Multi-criteria_Approach_to_Improve_the_Cyber_Security_Visibility_Through_Breach_Attack_Simulations.

10. Ажмухамедов И.М. Оценка экономической эффективности мер по обеспечению информационной безопасности / И.М. Ажмухамедов, Т.Б. Ханжина // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Экономика. - 2011. - №1. – С. 185-190.

11. Стельмашонок Е.В. Методические аспекты моделирования системы защиты информации в организации / Е.В. Стельмашонок, В.Л. Стельмашонок // Петербургский экономический журнал. - 2019. - №2. - С. 64–70.

12. Селюков, В. К. Комбинированные и косвенные методы оценки риска / В.К. Селюков // Российское предпринимательство. – 2004. – Т. 5, № 10. – С. 57-60.

13. Алексеева Л.Н. Система информационной безопасности органов государственной власти как основа современного государственного управления / Л.Н. Алексеева // Вестник университета. - 2015.

14. Федеральный закон 26 июля 2017 года № 187-ФЗ «О безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации» – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_220885.

15. Указ Президента №250 от 1 мая 2022 г. «О дополнительных мерах по обеспечению информационной безопасности Российской Федерации» – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_416198.

16. Доктрина информационной безопасности Российской Федерации, утв. Указом Президента Российской Федерации от 5 декабря 2016 г. №646 – URL: https://www.mid.ru/ru/foreign_policy/official_documents/1539546.

17. Федеральный закон «О стратегическом планировании в Российской Федерации» от 28.06.2014 №172-ФЗ – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_164841.

18. 187-ФЗ: новые требования к субъектам КИИ – URL: https://www.ec-rs.ru/blog/novosti/187-fz-novye-trebovaniya-k-subektam-kii.

19. Изменения в 187-ФЗ «О безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации» в 2024 году – URL: https://itcom-academy.ru/stati/187-fz-izmeneniya-kii.

20. Филиппов А. Изменения в 187-ФЗ. К чему готовиться субъектам КИИ? – URL: https://aktiv.consulting/ekspertiza/1634.

УДК 004.94

БЕЗОПАСНОСТЬ СИСТЕМ ДИНАМИЧЕСКОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СПЕКТРА В СЕТЯХ 5G/6G: АНАЛИЗ УЯЗВИМОСТЕЙ И МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ В СООТВЕТСТВИИ С РОССИЙСКИМИ СТАНДАРТАМИ

С.Н. Девицына, канд. техн. наук, доцент [1, а)],
В.Э. Тверезый, студент [1, б)]
[1] ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,
Севастополь, Российская Федерация
E-mail: [а)] sndevitsyna@sevsu.ru [б)] trezzvost@yandex.ru

Аннотация: Статья посвящена комплексному анализу актуальных уязвимостей в системах динамического распределения спектра (DSA) для сетей 5G/6G в условиях совместного использования радиочастотного спектра несколькими операторами и технологиями. Исследование включает классификацию основных типов атак на системы spectrum sensing, анализ уязвимостей когнитивного радио, методы обхода защитных механизмов, а также проблемы аутентификации и контроля доступа в гибридных сетевых окружениях. Предложена многоуровневая архитектура. Исследование актуально для операторов связи, разработчиков инфраструктуры и регулирующих органов.

Ключевые слова: 5G, 6G, динамическое распределение спектра, безопасность, spectrum sensing, когнитивное радио, аутентификация, гибридные сети, ГОСТ, машинное обучение, блокчейн, несанкционированный доступ, искусственный интеллект.

SECURITY OF DYNAMIC SPECTRUM ALLOCATION SYSTEMS IN 5G/6G NETWORKS: VULNERABILITY ANALYSIS AND PROTECTION METHODS IN COMPLIANCE WITH RUSSIAN STANDARDS

S.N. Devitsyna [1, a)], **V.E. Tverezy** [1, b)]
[1] Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Sevastopol State University", Sevastopol, Russian Federation
E-mail: [a)] sndevitsyna@sevsu.ru, [b)] trezzvost@yandex.ru

Abstract: This article presents a comprehensive analysis of current vulnerabilities in dynamic spectrum allocation (DSA) systems for 5G/6G networks in the context of spectrum sharing among multiple operators and technologies. The study includes a classification of the main types of attacks on spectrum sensing systems, an analysis of cognitive radio vulnerabilities, methods for bypassing security mechanisms, and authentication and access control issues in hybrid network environments. A multi-layered security architecture is proposed. The study is relevant for telecom operators, infrastructure developers, and regulatory authorities.
Keywords: 5G, 6G, dynamic spectrum access, security, spectrum sensing, cognitive radio, authentication, hybrid networks, GOST, machine learning, blockchain, unauthorized access, artificial intelligence.

Введение

В статье рассматривается безопасность динамического распределения спектра в современных сетях пятого и шестого поколений. Эта тема объединяет передовые технологии коммуникаций и критические вопросы защиты информации, что особенно актуально в условиях стремительного цифрового прогресса и возрастающей зависимости общества от беспроводной связи [1].

Обзор включает анализ ключевых уязвимостей и методов защиты систем, призванных обеспечить надежность и устойчивость распределения спектра.

Контекст развития 5G/6G и динамического распределения спектра

Концепция динамического распределения спектра (Dynamic Spectrum Access, DSA) предполагает, что вторичные пользователи могут использовать неиспользуемые частотные полосы первичных пользователей при условии, что они не создают недопустимых помех. Однако открытость и гибкость таких систем создают новые вызовы в области безопасности, включая риск несанкционированного доступа и вмешательства.

Классификация уязвимостей систем DSA в сетях 5G/6G

Уязвимости систем DSA классифицируются по различным категориям, включая программные слабости, недостатки в протоколах управления спектром,

а также угрозы, связанные с аппаратной реализацией и физическим доступом [2].

Программные уязвимости могут приводить к ошибкам аутентификации, что открывает двери для атак типа «человек посередине». Нарушения в протоколах могут спровоцировать отказ в обслуживании или фальсификацию спектра.

Таблица 1. Классификация основных уязвимостей DSA

Категория уязвимости	Описание и примеры
Spectrum sensing уязвимости	Манипуляция данными спектрального зондирования, ложные отчеты о состоянии канала
Атаки на служебные каналы	Компрометация каналов управления доступом к спектру
Координированные атаки	Сговор скомпрометированных узлов для передачи искаженной информации
Primary User Emulation	Имитация первичного пользователя для вытеснения вторичных
Спектральные атаки	Передача ложной информации о занятии или освобождении каналов

Уязвимости когнитивного радио в динамическом распределении спектра

Когнитивные радиосистемы, являясь ключевым элементом динамического распределения спектра, сталкиваются с рядом специфических уязвимостей [4]. К примеру, атака Primary User Emulation — имитация сигнала первичного пользователя, направленная на принудительное освобождение спектра вторичными пользователями, что нарушает стабильность системы.

Другие критичные типы атак:

– Спектральные атаки — распространение ложной информации о состоянии каналов, искажающей генерацию эффективных спектральных карт

– Сговор скомпрометированных узлов — коллективная передача искаженных сведений о спектре, дестабилизирующая принятие решений

– Атаки на служебные каналы — компрометация каналов управления спектром, угрожающая координации и безопасности распределения ресурсов.

Защита от атаки PUE требует криптографической аутентификации первичного пользователя с использованием ГОСТ Р 34.10-2012 и постоянного мониторинга паттернов передачи [4]. Обнаружение сговора узлов требует применения метода k-means для классификации и статистического анализа распределения данных.

Многоуровневая архитектура защиты систем DSA

Эффективная защита систем динамического распределения спектра требует интеграции нескольких уровней мер безопасности [4].

Уровень 1 — Криптографическая защита. Применяются российские государственные стандарты ГОСТ 28147-89 и ГОСТ Р 34.10-2012.

Уровень 2 — Сильная аутентификация. Инфраструктура открытых ключей и электронные цифровые подписи, препятствующие НСД и обеспечивающие идентификацию всех участников сети.

Уровень 3 — Обнаружение аномалий. Позволяет выявлять попытки подделки данных и необычное поведение участников сети с помощью методов машинного обучения

Уровень 4 — Постоянный мониторинг. Обеспечивает своевременное выявление НСД и минимизацию возможных угроз.

Алгоритм проверки подлинности спектрального зондирования

Для подтверждения достоверности данных спектрального зондирования применяется цифровая подпись по ГОСТ, состоящая из следующих этапов:

1. Каждый вторичный пользователь выполняет спектральное зондирование на назначенной частоте.
2. Результаты подписываются ЭЦП по ГОСТ Р 34.10.
3. Подписанные отчеты передаются в координирующий центр.
4. Центр проверяет подпись каждого отчета с использованием открытого ключа отправителя.
5. Отчеты с невалидной подписью отклоняются автоматически.
6. Из валидных отчетов исключаются значительно отклоняющиеся данные.
7. На основе достоверных данных принимается решение о распределении спектра.
8. Результаты сохраняются в защищенном журнале для аудита.

Такой подход значительно усиливает устойчивость системы против фальсификации спектра, позволяя своевременно обнаруживать попытки манипуляции и обеспечивать корректное распределение ресурсов в сети.

Система обнаружения аномалий в DSA

Современные методы обнаружения аномалий в системах динамического распределения спектра базируются на тщательном анализе временных последовательностей сообщений, выявляя закономерности и выделяя отклоняющиеся события [5].

Ключевые компоненты системы:

– Анализ временных последовательностей — выявление закономерностей в поведении участников сети и идентификация отклонений.

– Алгоритм k-means классификации — классификация узлов сети по типу их поведения, эффективно выявляя нетипичные действия, которые могут сигнализировать об атаках.

– Статистический анализ — анализ распределения спектральных данных в реальном времени для обнаружения попыток фальсификации.

Использование алгоритма k-means позволяет эффективно классифицировать узлы и выявлять нетипичное поведение. Статистический анализ распределения спектральных данных в реальном времени позволяет

обнаруживать скоординированные попытки фальсификации, обеспечивая своевременное реагирование и минимизацию ущерба [5].

Современные стандарты защиты информации в российских 5G/6G системах

Российские телекоммуникационные системы динамического распределения спектра строятся на базе комплекса ГОСТ-стандартов, обеспечивающих высокий уровень технической защиты информации [4]. Среди ключевых: ГОСТ 28147-89, ГОСТ Р 34.10-2012, ГОСТ 34.11-2012, ГОСТ Р 34.13-2015.

Комплексное применение этих стандартов гарантирует нормативное соответствие и безопасность сетей пятого и шестого поколений. Применение ГОСТ обеспечивает независимость от иностранных криптографических решений и соответствие требованиям национальной безопасности.

Перспективные технологии повышения безопасности DSA

Современные разработки в области защиты динамического распределения спектра включают интеграцию ИИ и блокчейн-технологий.

ИИ позволяет улучшить обнаружение аномалий и адаптивно реагировать на новые угрозы, выявляя новые паттерны атак в режиме реального времени, а также распознавать сложные комбинации сигналов.

Технология блокчейна обеспечивает прозрачность и защиту от подделки данных о распределении спектра, создавая журнал всех операций. Распределенный реестр позволяет исключить точку отказа в системе управления.

Дополнительно перспективны:

– Квантовые криптографические методы, защищающие от будущих атак с использованием квантовых компьютеров.

– Мультиагентные системы координации, значительно повышающие уровень безопасности и устойчивости.

– Физические методы безопасности (beamforming, frequency hopping, Physical Layer Security).

Основные выводы и рекомендации по безопасности DSA в 5G/6G

Итогом нашего анализа становится ясная необходимость комплексной защиты систем динамического распределения спектра.

Ключевые выводы исследования:

1. Многоуровневая стратегия критична — интеграция криптографии, ИИ, блокчейна и физических методов защиты необходима для противостояния разнообразным угрозам

2. Использование отечественных стандартов обязательно — применение ГОСТ алгоритмов обеспечивает соответствие требованиям национальной безопасности и независимость от иностранных решений

3. Необходимо активное взаимодействие между участниками — операторы, производители оборудования и регуляторы должны совместно разрабатывать единые стандарты безопасности

4. Первые инциденты уже произошли — в 2024-2025 годах операторы уже столкнулись с атаками, требующими немедленных действий

Следует уделить внимание интеграции современных технологий, таких как блокчейн, для повышения прозрачности и надежности распределения спектра.

Список литературы

1. Тихвинский В.О., Терентьев С.В. Проблемы и особенности использования динамического частотного шеринга в сетях 5G/LTE // Журнал "Первая миля", №1/2021, 2021. https://www.lastmile.su/files/article_pdf/8/article_8647_235.pdf.

2. Тихвинский В.О., Ефимушкин, В.А., Девяткин Е.Е. Использование технологий искусственного интеллекта для обеспечения информационной безопасности в сетях 5G // Журнал "Первая миля", №4/2024, 2024. https://www.lastmile.su/files/article_pdf/10/article_10462_709.pdf.

3. Попов А.С., Козунова С.С. Метод выявления аномалий сетевого трафика, основанный на его самоподобной структуре // Безопасность информационных технологий, НИЯУ МИФИ, 2018. https://bit.mephi.ru/index.php/bit/article/view/1185.

4. Кучерявый А.Е. Блокчейн в сетях связи 5G/6G // Труды НИИР и научные публикации в IEEE Access, 2023-2024.

УДК 004.457

СЕГМЕНТАЦИЯ ТРАФИКА ПО ASN: ПОДХОД К ЗАЩИТЕ НАЦИОНАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

А.В. Колосовский, студент 2 курса магистратуры [1, а)]
Д.К. Цапик, ассистент кафедры системного анализа и информатизации [1, б)]
[1] Крымский Федеральный Университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Россия.
E-mail: [а)] igrock11111@gmail.com, [б)] tsapikdk@cfuv.ru

Аннотация. Основная идея данной работы – защита национальных ресурсов (государственные информационные системы, критическая инфраструктура, стратегические сервисы) ввиду постоянного внимания со стороны киберпреступников. И одним из возможных инструментов обеспечения их безопасности является сегментация интернет-трафика по префиксам (блоку IP-адресов) автономным систем (ASN). С помощью ASN государственная система

сможет обслуживать только российские IP-адреса, а иностранные – блокировать.
Ключевые слова: ASN, IP-префиксы, BGP (Border Gateway Protocol), iptables, NGINX.

TRAFFIC SEGMENTATION BY ASN: AN APPROACH TO PROTECTING NATIONAL RESOURCES

A.V. Kolosovskiy [1, a)], **D.K. Tsapik** [1, b)]
[1]Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russia.
E-mail: [a)] igrock11111@gmail.com, [b)] tsapikdk@cfuv.ru

Annotation. The main idea of this work is to protect national resources (government information systems, critical infrastructure, strategic services) due to the constant attention from cybercriminals. And one of the possible tools for ensuring their security is the segmentation of Internet traffic by prefixes (a block of IP addresses) of autonomous systems (ASN). With the help of ASN, the state system will be able to serve only Russian IP addresses, and block foreign ones.
Keywords: ASN, IP prefixes, BGP (Border Gateway Protocol), iptables, NGINX.

Введение

Автономная система (Autonomous System, ASN) — это крупная сеть или группа сетей, управляемая единым оператором и имеющая собственные правила маршрутизации. Каждой автономной системе присваивается уникальный номер (ASN), который используется в протоколе BGP (Border Gateway Protocol) для обмена маршрутной информацией [1].

Сегментация по ASN важна для защиты национальных ресурсов играет ключевую роль по ряду причин:

1. Контроль происхождения трафика: позволяет различать запросы, исходящие от доверенных операторов, и потенциально опасные соединения.
2. Фильтрация и приоритизация: критические сервисы могут обслуживать только определённые ASN, снижая риск атак с внешних сетей.
3. Мониторинг и аналитика: сегментация облегчает выявление аномалий, например, резкого роста трафика из подозрительных автономных систем.
4. Суверенность и независимость: возможность управлять доступом к ресурсам на уровне глобальной маршрутизации, а не только внутри локальных сетей.

Реализация сегментации по ASN

На рисунке 1 представлен список автономных систем (ASN). Для начала необходимо получить достоверные данных по ссылке: https://ftp.ripe.net/ripe/asnames/asn.txt [2]. После же высвечивается таблица со следующими данными: порядковый номер сайта, название сайта и страна сайта.

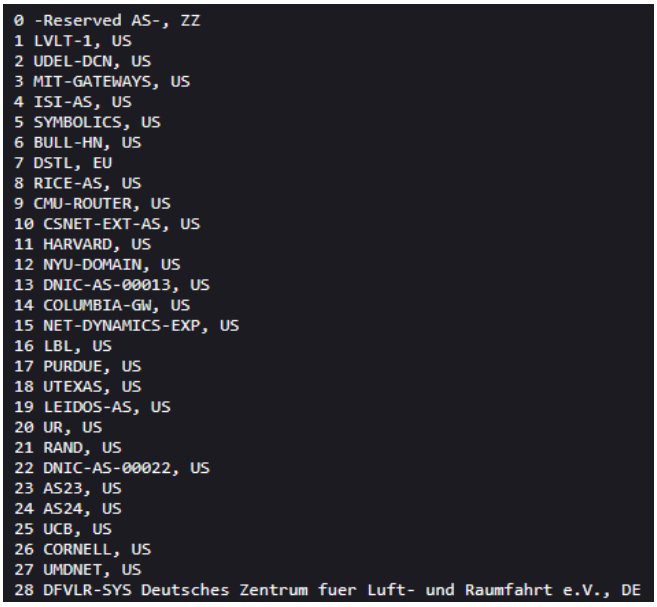


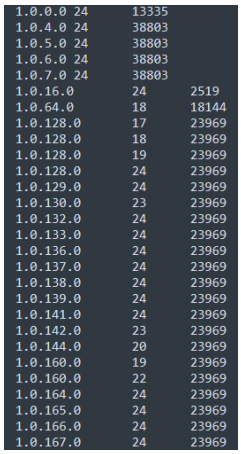
Рис. 1. Список автономных систем (ASN) [2]

После этого обращаем внимание на IP-префиксы данных стран переходе по следующим ссылкам:

– https://publicdata.caida.org/datasets/routing/routeviews-prefix2as/ (результат на рисунке 2, а) [3];

– telnet://route-views.routeviews.org (результат на рисунке 2, б) [3].

а)



б)

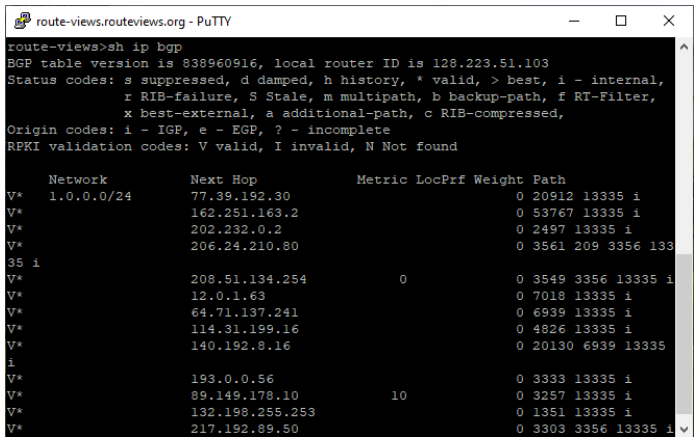


Рис. 2. Таблица IP-префиксов для каждого ASN [3]

Внедрение сегментации по ASN в государственные сайты

Для внедрения потребуется рабочий код в системе NGINX [4]. Для начала необходимо получить российские подсети. Полученный результат показан на рисунке 3.

После этого шага, необходимо провести выборку только российских ASN. Результат – на рисунке 4.

Осталось все это реализовать через веб-сайт, не забывая написать код для тех ASN – которые не подходят проверку [5]. Результат – на рисунке 5.



```
#!/bin/sh

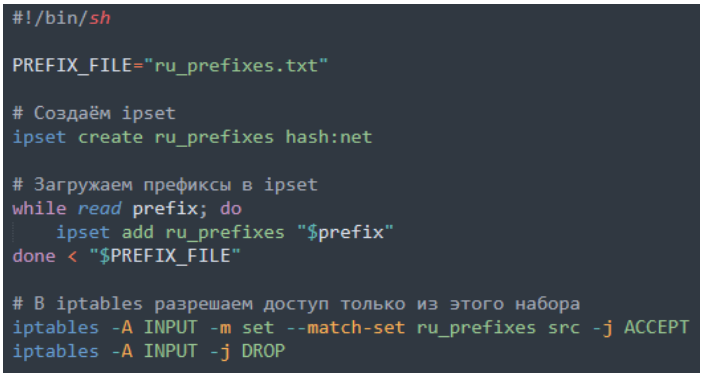
ASN_FILE="asn.txt"
PFX_FILE="routeviews-rv2-20251101-1200.pfx2as.gz"
OUT_FILE="ru_prefixes.txt"

wget -q -O "$ASN_FILE" https://ftp.ripe.net/ripe/asnames/asn.txt
wget -q -O "$PFX_FILE" https://publicdata.caida.org/datasets/routing/routeviews-prefix2as/2025/11/routeviews-rv2-20251101-1200.pfx2as.gz

# Формируем список российских ASN
grep "(RU)" "$ASN_FILE" | awk '{print $1}' | sed 's/AS//' > ru_asn.txt

# Сопоставляем префиксы с российскими ASN
zcat "$PFX_FILE" | awk 'NR==FNR{asn[$1];next} ($2 in asn){print $1}' ru_asn.txt - > "$OUT_FILE"
```

Рис. 3. Получение российских подсетей [4]



```
#!/bin/sh

PREFIX_FILE="ru_prefixes.txt"

# Создаём ipset
ipset create ru_prefixes hash:net

# Загружаем префиксы в ipset
while read prefix; do
    ipset add ru_prefixes "$prefix"
done < "$PREFIX_FILE"

# В iptables разрешаем доступ только из этого набора
iptables -A INPUT -m set --match-set ru_prefixes src -j ACCEPT
iptables -A INPUT -j DROP
```

Рис. 4. Доступ только из российского сегмента Интернета [4]



```
http {
    geo $allowed_country {
        default 0;
        # 77.88.0.0/18 1;
        include /etc/nginx/ru_prefixes.conf;
    }

    server {
        listen 80;
        server_name example.com;

        location / {
            if ($allowed_country = 0) {
                return 403;
            }
            root /var/www/html;
        }
    }
}
```

Рис. 5. Код на веб-сайт сегментации по ASN [5]

Заключение

Сегментация трафика по ASN — это не просто технический приём, а стратегический инструмент защиты ресурсов. Она позволяет:

– обеспечить доступ только из доверенных автономных систем;

– упростить мониторинг и выявление аномалий в сетевом трафике;

– укрепить цифровой суверенитет и независимость инфраструктуры;

– повысить устойчивость к внешним угрозам, включая DDoS-атаки и несанкционированные подключения.

Использование списков ASN и префиксов, автоматизация фильтрации через iptables и NGINX, а также интеграция с системами мониторинга создают

комплексный подход, который соединяет концепцию безопасности с практическими механизмами её реализации.

Список литературы

1. Мельников А.В. Протокол BGP и управление маршрутами в сетях операторов связи // Информационные технологии. – 2019. – № 3. – С. 45–52.

2. Касперский Е.В. Киберугрозы для национальной инфраструктуры и методы защиты // Безопасность информационных технологий. – 2020. – № 2. – С. 12–20.

3. RIPE NCC. Autonomous System Number (ASN) Assignment Policies [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.ripe.net/manage-ips-and-asns/as-numbers (дата обращения: 19.11.2025).

4. Министерство цифрового развития РФ. Методические рекомендации по защите критической информационной инфраструктуры [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://digital.gov.ru (дата обращения: 19.11.2025).

5. European Union Agency for Cybersecurity (ENISA). Network Segmentation for Security: Best Practices [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.enisa.europa.eu/publications (дата обращения: 19.11.2025).

УДК 004.056.5

РАЗРАБОТКА ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ УТЕЧЕК ДАННЫХ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ БОЛЬШИХ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ. МОДУЛЬ АВТОМАТИЧЕСКОГО ОБНАРУЖЕНИЯ ПЕРСОНАЛЬНЫХ ДАННЫХ

Э.А. Пупков, бакалавр[1, б)]
М.А. Сергиенко, бакалавр[1, в)]
Н.А. Грехов, бакалавр[1, г)]
Т.В. Лагуткина, старший преподаватель [1, а)]
[1] ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,
Севастополь, Российская Федерация
E-mail: [а)] t.v.lagutkina@mail.sevsu.ru, [б)] pr0be@yandex.ru, [в)] offline@xakep.ru, [г)] n.grekhov@mail.ru

Аннотация: Основным объектом работы является безопасность персональных данных пользователей при взаимодействии с внешними большими языковыми моделями. Предложен инструмент в формате модуля, позволяющего решить данную проблему. В его основе лежит гибридный метод обнаружения персональных данных.

Ключевые слова: большие языковые модели, нейросети, глубокое обучение, персональные данные, обезличенные данные.

DEVELOPING A WEB APPLICATION TO PREVENT DATA LEAKS WHEN USING LARGE LANGUAGE MODELS. THE MODULE FOR AUTOMATIC DETECTION OF PERSONAL DATA

E.A. Pupkov [1, b)], **M.A. Sergienko** [1, c)],
N.A. Grekhov, [1, d)] , **T.V. Lagutkina** [1, a)]
[1] Sevastopol State University, Sevastopol, Russia
E-mail: [a)] t.v.lagutkina@mail.sevsu.ru, [b)] pr0be@yandex.ru,
[c)] offline@xakep.ru, [d)] n.grekhov@mail.ru

Abstract: The main object of the work is the security of users' personal data when interacting with external large language models. A tool has been proposed in the format of a module that allows solving this problem. It is based on a hybrid method of personal data detection.
Keywords: big language models, neural networks, deep learning, personal data, anonymized data.

Введение

Большие языковые модели перестают быть просто экспериментальной технологией по всему миру. Сегодня они становятся мощными ассистентами для специалистов самого разного профиля. Компании все активнее переходят от простого тестирования нейросетей к их полноценной интеграции в рабочие процессы [2]. Цели использования больших языковых моделей: автоматизация рутины, ускорение аналитики, генерация контента [6, 9].

У этой полезной технологии есть серьезный недостаток: бесконтрольное использование сотрудниками общедоступных больших языковых моделей угрожает корпоративной безопасности. Персонал, отправляя рабочие запросы на внешние серверы, рискует распространить персональные данные клиентов или коллег. Это может привести к использованию чувствительной информации для дообучения публичных моделей, хранению данных на чужих серверах или, в худшем случае, попаданию к злоумышленникам. Обнародованная информация может быть использована в корыстных целях против организации или навредить конкретному человеку. Как итог: финансовые и репутационные потери от утечек конфиденциальной информации компании, а также нарушение закона № 152-ФЗ «О персональных данных» в части распространения таких данных [5, 7, 8].

С одной стороны, полный запрет на использование больших языковых моделей может привести к технологическому отставанию на рынке. С другой стороны, бесконтрольное использование, как было сказано выше, – это прямой путь к серьезным нарушениям.

Таким образом, в управляемой среде данные обязаны оставаться в пределах компании, соответствовать нормам российского законодательства и потреблять минимальное количество ресурсов.

Для безопасного использования всех преимуществ мощных нейросетей и в тоже время исключения утечек данных необходимо внедрять эффективные механизмы защиты информации. Одной из мер обеспечения безопасности может стать внедрение современной программной среды, которая направлена на предотвращение утечек данных путем автоматического обнаружения и обезличивания персональной информации пользователей при использовании больших языковых моделей.

Методы

Модуль автоматического обнаружения персональных данных должен иметь три важные и ключевые характеристики: высокая точность распознавания информации, высокая скорость и низкое потребление ресурсов.

Отправной точкой для дальнейшей работы над проектом является выбор наиболее оптимального метода нахождения чувствительной информации.

Раздьяконов Е.С., Егоров М.Э., Намиот Д.Е., Бабак Н.Г. предлагают несколько подходов обнаружения персональных данных [1, 4, 9]. Первым подходом является метод на основе правил, который хорошо и быстро справляется с шаблонными и структурированными данными. Но с данными такими, как ФИО, адреса и другие неструктурированные данные, метод становится неэффективным. Следующий подход основан на искусственном интеллекте, использующем методы глубокого обучения. Показывает довольно высокую точность в неструктурированных данных, но требует больших вычислительных ресурсов. Авторами также предлагается использование гибридного подхода, который заключается в том, что для структурированных данных используется метод на основе правил, а для неструктурированных используются модели на основе глубокого обучения на небольших словарях. Таким образом, получается найти компромисс между точностью, скоростью и потреблением ресурсов. Данный метод и ляжет в основу создаваемого модуля.

Результаты

В таблице 1 приведен сравнительный анализ методов обнаружения персональных данных по различным критериям: потребление ресурсов, скорость и точность обнаружения в зависимости от персональных данных.

Результатом анализа является выбор гибридного метода, так как он является самым оптимальным и сбалансированным для реализации. Это позволяет минимизировать потери эффективности и затраты на реализацию.

Следующим этапом работы является проектирование архитектуры модуля обнаружения персональных данных (рис. 1).

Запросы от пользователя отправляются через веб-интерфейс на обработчик запросов. Данные для большой языковой модели приходят на модуль по обнаружению персональных данных, который состоит из методов на основе правил и легкой обученной модели. Полученный текст подвергается процедуре сокрытия данных в форматах: [Личность_1], [Адрес_1] и т.д. Готовые обезличенные данные отправляются на внешний API большой языковой

модели. Ответ от большой языковой модели приходит на обработчик, который, в свою очередь, отправляет его пользователю. За счет выбранного метода обнаружения пользователь практически не заметит задержек в обработке данных.

Таблица 1. Анализ методов обнаружения персональных данных

Критерий	Точность на структурированных данных (ИНН, паспорт,...)	Точность на неструктурированных данных (ФИО, адреса)	Потребление ресурсов	Скорость обработки
Метод на основе правил	Высокая	Низкая	Только CPU	Очень высокая
Метод на основе глубокого обучения	Высокая	Очень высокая	Требуется GPU	Низкая
Предлагаемый гибридный метод	Высокая	Высокая	Только CPU	Высокая

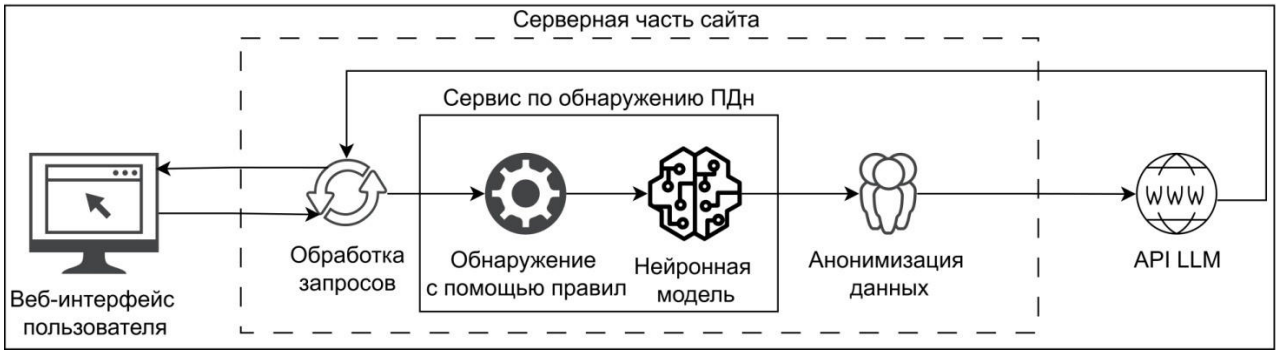


Рис. 1. Архитектура модуля обнаружения персональных данных

Простая архитектура позволяет интегрировать разрабатываемое программное решение в любую организацию. Все персональные данные будут оставаться только внутри компании, так как до большой языковой модели запросы доходят данные в обезличенном виде.

Заключительным этапом работы является разработка программного средства, которое направлено на предотвращение утечек данных путем автоматического обнаружения и обезличивания персональной информации пользователей при использовании больших языковых моделей.

Результат работы модуля представлен на рисунке 2.

Данное программное средство является единственным способом взаимодействия с внешними большими языковыми моделями. Это обеспечит уверенность, что все запросы пользователей будут проходить через модуль по обнаружению персональных данных.

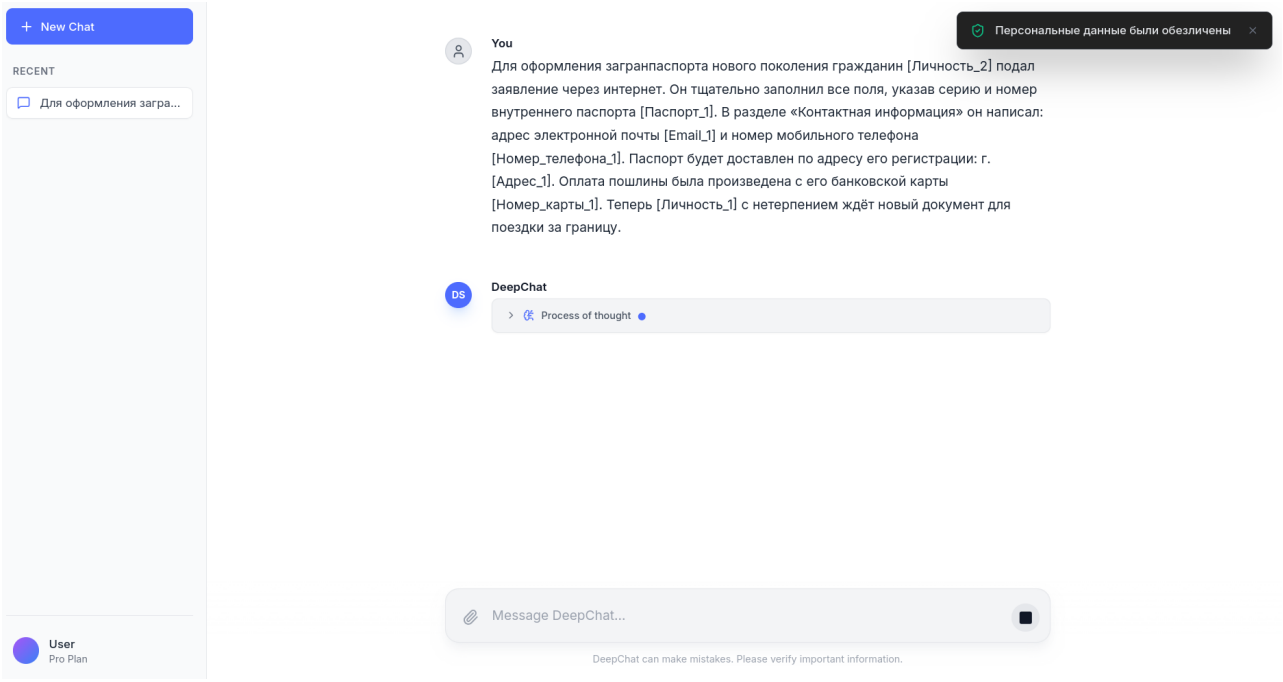


Рис. 2. Архитектура корпоративного сайта

Заключение

Разработан модуль для автоматического обнаружения и обезличивания персональных данных. Модуль является простым решением для реализации в любой компании. Это дает возможность не отказываться от использования облачных сервисов и сохранить данные внутри организации.

Список литературы

1. Бабак Н.Г. Распознавание персональных данных с помощью модели глубокого обучения // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2024. Т. 20, № 1. С. 13-26.

2. Большие языковые модели как ассистенты инженера нового поколения // Журнал «С.О.К.». URL: https://www.c-o-k.ru/articles/bolshie-yazykovye-modeli-kak-assistenty-inzhenera-novogo-pokoleniya (дата обращения: 14.11.2025).

3. Егоров М.Э., Намиот Д.Е. Автоматизированное обнаружение и классификация конфиденциальных данных в облачных средах // International Journal of Open Information Technologies. 2025. Т. 13, № 11. С. 112-124.

4. Раздьяконов Е.С. Поиск персональных данных в неструктурированных текстах с использованием нейронных сетей // Инженерный вестник Дона. 2023. № 7. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n7y2023/8571 (дата обращения: 14.11.2025).

5. Сулимов Н.Ю. Внедрение искусственного интеллекта в систему корпоративного управления // Инновации и инвестиции. 2023. № 7. С. 136-139.

6. Сценарии использования LLM: реальные примеры применения больших языковых моделей в 2024 году // Napoleon IT. URL: https://napoleonit.ru/blog/scenarii-ispolzovaniya-большая языковая модель-realnye-

primery-primeneniya-bolshih-yazykovyh-modeley-v-2024-godu (дата обращения: 14.11.2025).

7. Федеральный закон «О персональных данных» от 27.07.2006 № 152-ФЗ // Собрание законодательства РФ. 2006. № 31 (1 ч.). Ст. 3451.

8. Фроликов А.В., Трубин А.Е., Алексахин А.Н., Нечаев А.М. Перспективы и риски применения технологии искусственного интеллекта в корпоративном управлении // Вестник РЭУ им. Г. В. Плеханова. 2025. Т. 22, № 1. С. 198-208.

9. LLM в России: от экспериментов к внедрению // TAdviser. URL: https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:LLM_в_России:_от_экспериментов_к_внедрению (дата обращения: 14.11.2025).

УДК 004.056.53

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ЗАЩИТЫ АКУСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ УСТРОЙСТВ НЕГЛАСНОГО ПОЛУЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ

А.В. Трушкина, студент 4-го курса [a)]
ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,
Севастополь, Российская Федерация
E-mail: [a)] subridenssum@mail.ru

Научный руководитель: А.С. Манько, ассистент кафедры «Радиоэлектроника и телекоммуникации»

Аннотация: Рассмотрены виды каналов утечки акустических данных и проанализированы возможные методы реализации защиты акустической информации от их негласного получения третьими лицами.
Ключевые слова: акустические данные, каналы утечек данных, методы защиты, негласное получение информации.

ANALYSIS OF METHODS FOR PROTECTING ACOUSTIC DATA FROM THE IMPACT OF COVERT INFORMATION COLLECTION DEVICES

A.V. Trushkina [a)]
Sevastopol State University, Sevastopol, Russian Federation
E-mail: [a)] sahamanko@mail.ru

Scientific supervisor: A.S. Manko, assistant at the Department of Radioelectronics and Telecommunications

Abstract: The types of acoustic data leakage channels are examined, and potential methods for implementing the protection of acoustic information from its covert interception by third parties are analyzed
Keywords: acoustic data, data leakage channels, protection methods, covert information gathering.

Введение

В современном мире акустическая информация становится одним из главных способов передачи данных между людьми и зачастую информация может нести в себе то, что не должно попасть к третьим лицам. Повсеместная цифровизация и миниатюризация технических средств для негласного получения информации (НПИ) (т.е без ведома ее обладателя), превращает современные устройства связи в каналы утечки конфиденциальных данных.

Современные устройства для НПИ наиболее опасны тем, что их легко можно маскировать под обычные предметы обихода, они способны работать долгое время в автономном режиме и передавать данные по защищенным каналам связи.

Наиболее важной проблемой современной защиты акустических данных является разнообразие каналов утечки. Например, помимо классического воздушного канала, можно использовать виброакустические методы съёма информации с оконных стекол, а также лазерные системы прослушивания на расстоянии. Таким образом, современные методы защиты данных должны сочетать в себе комплексное решение, которое будет сочетать в себе физические, технические и организационные меры защиты.

В данной работе будет проведен анализ современных методов защиты акустических данных от устройств НПИ.

Основная часть

Под акустической информацией понимается абсолютно любая информация, носителем которой являются акустические сигналы. В случае если источник информации — человек, а сама информация человеческая речь, акустическая информация является речевой.

Акустический сигнал возникает вследствие механических колебаний частиц упругой среды, которые распространяются от источника колебаний в окружающее пространство в виде волн различной длины.

Речевой сигнал является сложным акустическим сигналов в диапазоне частот от 200 Гц до 6 кГц и содержит в себе целый спектр гармонических составляющих.

Каналы утечки речевой информации можно разделить на воздушные, виброакустические, электроакустические, оптико-электронные и параметрические [1]. Кратко разберем каждый из них.

1. Воздушный канал утечки формируется при прямом распространении акустических волн в воздушной среде (воздухе). Для перехвата сигнала в этой среде используют высокочувствительные направленные микрофоны. Также

такие микрофоны могут объединять с диктофонами или передатчиками, комплекс из таких устройств называют – акустическими закладками или закладными устройствами перехвата речевой информации. Перехваченные данные могут передаваться по радиоканалу, по сети электропитания, по оптическому каналу в комплексе с устройствами передачи данных в инфракрасном диапазоне, по трубам водоснабжения, отопления, металлоконструкциям, т.е в комплексе с устройствами передачи информации и т.п. Причём прием информации полученных с таких устройств производится с помощью специальных приемниках на определенных длинах волн. Также такой способ требует проникновения на контролируемый объект.

2. В виброакустическом канале утечки информации средой распространения является конструкция зданий, т.е. стены, потолки, полы, трубы и прочее. Для перехвата информации используют контактные микрофоны, которые получили название стетоскопы.

3. Для электроакустических каналов утечка информации возникает за счёт преобразований акустических сигналов в электрические. Перехват акустических колебаний возникает путем использования вспомогательных технические средств и систем, которые обладают «микрофонным эффектом» или же с помощью «высокочастотного навязывания».

4. Оптико-электронный или же лазерный канал утечки образуется при облучении лазерным лучом поверхностей, вибрирующих в акустическом поле и имеющих отражающую способность, к примеру, стекла, окна, картины, зеркала и т.д. Отражённое излучение модулируется по амплитуде и фазе в соответствии с вибрациями поверхности, а оптический приемник регистрирует эти изменения и с помощью демодуляции позволяет восстановить информацию.

5. Параметрический канал возникает из-за воздействия акустических волн на электронные компоненты аппаратуры. Колебания звукового поля вызывают смещения элементов схем, к примеру, пластин конденсаторов, как следствие, это приводит к изменению их параметров (емкости или индуктивности) и влечёт за собой паразитную модуляцию высокочастотных сигналов. Наиболее уязвимыми являются устройства с колебательными контурами, где даже незначительные изменения параметров элементов вызывает паразитную модуляцию.

Защиту информации от утечки по различным акустическим каналам как правило делят на организационные и организационно-технические меры [2].

Организационные меры начинают применяться ещё на этапе строительства здания, такие меры называют архитектурно-планировочными. Они включают в себя меры, которые должны остановить беспорядочное распространение звуков, путем выполнения определенных требований. К примеру, проектирование помещений и коридоров, чтобы звук затухал при распространении. Также такие методы могут включать в себя ориентирование кабинетов таким образом, чтобы окна выходили на контролируемую зону. К организационным мерам относят и режимные меры, то есть контроль и фиксацию лиц заходящих и выходящих из здания, подтверждённого контролю.

К организационно-техническим мерам защиты относят использование звукопоглощающих материалов. То есть материалов, которые будет создавать множество поверхностей между воздухом и твердым телом, что будет приводить к многократному отражению и поглощению звуковых колебаний, к таким материалам относятся ковры, пористая штукатурка и т.д. Качество звукоизоляции помещения при использовании таких материалов определяют с помощью шумомера.

Также могут использовать виброакустическую маскировку, которая заключается в снижении отношения сигнал/шум на входе средства за счёт увеличения уровня шума с помощью генератора шумовых колебаний.

При невозможности использовании всех ранее описанных методов защиты, можно использовать средства обнаружения устройств НПИ, сменить стекла на защищенные для безопасности от воздействия оптико-лазерного канала утечки.

Средства обнаружения НПИ (диктофоны или же акустические закладки) представляют собой нелинейный локатор, который устанавливается на ходе в определенное помещение и работает как часть системы контроля доступа. Также вместе со средствами обнаружения могут использовать и средства электромагнитного подавления, их принцип действия основывается на генерации мощных шумовых на частоте около 900 МГц.

Заключение

Таким образом, можно сделать выводы по применению методов защиты акустической информации от её получения третьими лицами. Наилучшим методом защиты речевых данных будет являться комплексный подход с применением всех ранее описанных средств. Это обеспечит достаточно высокую безопасность передачи речевой информации между людьми. Также важно отметить, что система безопасности должна быть готова адаптироваться к новым способам получениям информации и более совершенным устройствам НПИ.

Список литературы

1. Кравовский Ю.М. Методы и средства защиты информации // ЭБС Лань, 2025. 272 с.

2. Хорошко В., Ленков С., Перегудов Д. Методы и средства защиты информации. Том 2. Информационная безопасность // Киев : Арий, 2008. 344 с.

УДК 34.07:004.056(045)

ПРАВОВЫЕ АСПЕКТЫ ЗАЩИТЫ КРИТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ (КИИ): ОТВЕТСТВЕННОСТЬ БИЗНЕСА И ГОСУДАРСТВА

Л.А. Шелаева, студент [1, a)]
[1] Университет имени О.Е. Кутафина (МГЮА), Москва, Российская Федерация
E-mail: [a)] lyubov-shelaeva@mail.ru

Научный руководитель: Чернышова В.Ю., старший преподаватель

Аннотация. В данной работе рассматриваются юридические аспекты защиты критической информационной инфраструктуры (КИИ) в Российской Федерации. Исследуются обязанности государственных структур и коммерческих предприятий, способы привлечения к ответственности за противоправные действия, а также проблемы в применении действующих законов. Подробно рассматриваются изменения, вступившие в силу в 2025 году (более строгие стандарты, российское программное обеспечение), и установленные пробелы в системе контроля. На основе проведенного исследования предложены возможные пути улучшения законодательства, направленные на устранение выявленных пробелов и повышение эффективности защиты КИИ.
Ключевые слова: критическая информационная инфраструктура, КИИ, правовое регулирование, ответственность бизнеса, государственное управление, информационная безопасность.

LEGAL ASPECTS OF PROTECTING CRITICAL INFORMATION INFRASTRUCTURE (CII): BUSINESS AND GOVERNMENT RESPONSIBILITIES

L.A. Shelaeva [1, a)]
[1] Kutafin Moscow State Law University (MSLA), Moscow, Russia
E-mail: [a)] lyubov-shelaeva@mail.ru

Scientific supervisor: V.Y. Chernyshova, Senior Lecturer

Abstract. This paper examines the legal aspects of protecting critical information infrastructure (CII) in the Russian Federation. It explores the responsibilities of government agencies and commercial enterprises, the methods of prosecuting illegal actions, and the challenges in implementing existing laws. The paper also delves into the changes that came into effect in 2025 (stricter standards, Russian software), as well as the identified gaps in the control system. Based on this research, the paper

proposes potential improvements to the legislation aimed at addressing these gaps and enhancing the effectiveness of CII protection.
Keywords: critical information infrastructure, CII, legal regulation, business responsibility, public administration, and information security.

Введение

В настоящее время вопросы безопасности критической информационной инфраструктуры (КИИ), необходимой для функционирования общества и государства, приобретают особую актуальность. В России законодательная база в области КИИ интенсивно формируется с 2017 года (в соответствии с ФЗ № 187-ФЗ). Целью данного исследования является глубокий анализ правового поля, регулирующего защиту КИИ в Российской Федерации, разграничение обязанностей между государственными структурами и коммерческими организациями, а также обнаружение пробелов и противоречий в существующей нормативной документации.

Методология исследования: системный анализ нормативно-правовой базы защиты КИИ РФ (включая федеральные законы, подзаконные акты, приказы ФСТЭК России, УК РФ (ст. 274.1)[1], КоАП РФ (ст. 13.12.1)[2]); сравнительно-правовой метод для анализа изменений 2025 года; формально-юридический метод для толкования норм об ответственности.

Вступившие в силу в сентябре 2025 года, корректировки в Федеральный закон № 187-ФЗ[3], произведенные Федеральным законом № 58-ФЗ от 07.04.2025, основательно пересмотрели систему обеспечения безопасности критической информационной инфраструктуры (КИИ) в Российской Федерации. Главными задачами изменений провозглашены укрепление технологического суверенитета и ограждение КИИ от рисков, связанных с использованием иностранных технологий[4]. Ключевым моментом стало исключение индивидуальных предпринимателей (ИП) из категории субъектов КИИ, однако за ними остались обязательства по обеспечению безопасности данных и взаимодействию с технологическими партнерами. Обновленный перечень субъектов КИИ теперь выглядит определенным образом: в него входят государственные органы, бюджетные организации, компании с

[1] Уголовный кодекс (УК РФ) // Собрание законодательства Российской Федерации от 17.06.1996 г. № 25 ст. 2954.

[2] Кодекс об административных правонарушениях (КоАП РФ) // Собрание законодательства Российской Федерации от 07.01.2002 г. № 1 (часть I) ст. 1.

[3] Федеральный закон от 26.07.2017 г. № 187-ФЗ «О безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации» (редакция от 01.09.2025) // Официальный интернет-портал правовой информации (www.pravo.gov.ru) 26.07.2017 г.

[4] Новые правила работы с КИИ с 1 сентября 2025 года // Клерк.ру: [сайт]. URL: https://www.klerk.ru/blogs/fedresurs/664500/?srsltid=AfmBOoohhI9Y7uMhdMYMs1TwXh1910qpKEAF-ZC2U-W81RMgQs7vcbXV (дата обращения: 30.10.2025).

государственным участием, а также юридические лица, обладающие объектами критической информационной инфраструктуры[1].

Главное изменение заключается в том, что операторы критической информационной инфраструктуры (КИИ) должны будут применять отечественное программное обеспечение из специального реестра на важных объектах. Параметры, которым должно соответствовать как ПО, так и программно-аппаратные комплексы (ПАК), определяет российское Правительство[2]. Период внедрения: до начала 2028 года (с возможностью продления до декабря 2030 года)[3] для значимых объектов КИИ и до начала 2035 года для ПАК[4]. Начиная с весны 2026 года возможен другой вариант – применение ПО, разработанного и используемого российскими компаниями для собственных целей. Министерство цифрового развития формирует список «надежного российского ПО», предъявляя строгие требования, такие как сборка из российских репозиториев и отсутствие подтвержденных уязвимостей[5].

Внесенные изменения значительно увеличили возможности государственных структур: теперь Правительство РФ имеет право определять списки стандартных объектов критической информационной инфраструктуры (КИИ) и устанавливать правила их классификации, что, вероятно, приведет к росту числа организаций, подпадающих под эту категорию. ФСБ РФ теперь играет ключевую роль в координации мер по отражению кибернетических атак и получила право контролировать уровень защиты КИИ. Организации, являющиеся субъектами КИИ, должны постоянно поддерживать связь с Государственной системой обнаружения, предупреждения и ликвидации последствий компьютерных атак (ГосСОПКА)[6], внедрять инструменты для

---

[1] Changes in the regulation of the security of critical information infrastructure (CII) // Law Messenger, B1 [Электронный ресурс]. URL: https://b1.ru/en/insights/law-messenger/security-of-critical-information-activities-20-october-2025/ (дата обращения: 31.10.2025).

[2] Restrictions and measures of state support for business: the digest for 31 March - 13 April 2025 // PGPLAW [Электронный ресурс]. URL: https://www.pgplaw.com/analytics-and-brochures/legislation/support-digest-25-04-13/ (дата обращения: 31.10.2025).

[3] Постановление Правительства РФ от 14.10.2023 г. № 1912 «О порядке перехода субъектов критической информационной инфраструктуры Российской Федерации на преимущественное применение доверенных программно-аппаратных комплексов на принадлежащих им значимых объектах критической информационной инфраструктуры Российской Федерации» // Доступ из справочно-правовой системы «КонсультантПлюс».

[4] Обзор изменений в законодательстве за сентябрь 2025 года // Уральский центр систем безопасности [Электронный ресурс]. URL: https://www.ussc.ru/news/novosti/obzor-izmeneniy-v-zakonodatelstve-za-sentyabr-2025-goda/ (дата обращения: 30.10.2025).

[5] Обзор изменений в законодательстве. Июль, август 2025 г. // Портал по информационной безопасности [Электронный ресурс]. URL: https://www.itsec.ru/articles/obzor-izmenenij-v-zakonodatelstve-iyul-avgust-2025 (дата обращения: 01.11.2025).

[6] Приказ ФСБ России от 19.06.2019 г. № 282 «Об утверждении Порядка информирования ФСБ России о компьютерных инцидентах, реагирования на них, принятия мер по ликвидации последствий компьютерных атак, проведенных в отношении значимых

выявления атак и оперативно информировать о любых инцидентах в сфере информационной безопасности.

Судебная практика формируется по ст. 274.1 УК РФ (о воздействии на критическую информационную инфраструктуру). Кассационные инстанции утверждают обвинительные решения, не принимая во внимание аргументы защиты. Незнание специфических аспектов или факта принадлежности объекта к КИИ не служит оправданием, если имеются убедительные доказательства обратного. В академических кругах (в частности, А.А. Шутова)[1] поднимается вопрос об адекватности применения этой статьи в ситуациях, когда действия, например, медработника, приравниваются к угрозе национальной безопасности, что свидетельствует о сложностях в применении данной нормы[2].

Анализ литературы выявил, что, несмотря на свою относительную новизну, российское законодательство в области критической информационной инфраструктуры (КИИ) обладает обширной и проработанной нормативной основой. Иностранные эксперты (B1) подчеркивают своеобразие российской модели, сочетающей государственный надзор и корпоративную ответственность. Вместе с тем, российские исследования долгое время уделяли основное внимание техническим аспектам защиты КИИ, упуская из виду комплексные правовые вопросы, включая распределение ответственности между субъектами и действенность правовых механизмов. Данное исследование направлено на устранение этого упущения и углубленное изучение юридических аспектов защиты КИИ.

Реформа законодательства в сфере критической информационной инфраструктуры (КИИ) в 2025 году четко отражает стремление к усилению государственного надзора, достижению технологической независимости страны и централизованному управлению безопасностью КИИ[3]. В этой обновленной системе ответственность бизнеса значительно увеличивается, проявляясь в строгой необходимости оперативной замены импортного программного обеспечения, обеспечении стабильной связи с Государственной системой обнаружения, предупреждения и ликвидации последствий компьютерных атак

объектов критической информационной инфраструктуры Российской Федерации» // Официальный интернет-портал правовой информации (www.pravo.gov.ru) 17.07.2019 г.

[1] Шутова Альбина Александровна Уголовно-правовое обеспечение безопасности критической цифровой инфраструктуры Российской Федерации (на примере учреждений здравоохранения) // Lex Russica. 2025. №9 (226). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/ugolovno-pravovoe-obespechenie-bezopasnosti-kriticheskoy-tsifrovoy-infrastruktury-rossiyskoy-federatsii-na-primere-uchrezhdeniy (дата обращения: 31.10.2025).

[2] Определение Первого кассационного суда общей юрисдикции от 23 июля 2025 г. № 77-2384/2025 [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс: [сайт]. URL: https://www.consultant.ru/law/podborki/uk_rf_kii/ (дата обращения: 31.10.2025).

[3] Коренные изменения в законодательстве о критической информационной инфраструктуре // ФНС России. Центральная ФНС России [Электронный ресурс]. URL: https://cpp-nnov.nalog.ru/blog/it-is-interesting/2130-korennye-izmeneniya-v-zakonodatelstve-o-kriticheskoj-informaczionnoj-infrastrukture (дата обращения: 01.11.2025).

(ГосСОПКА) и несении полной ответственности за любые нарушения, как административной, так и уголовной. Государство, со своей стороны, усиливает свое влияние, сосредотачиваясь на разработке нормативных актов, отраслевом планировании и быстром реагировании в случае кибернетических атак. Тем не менее, нерешенные вопросы остаются актуальными и требуют дальнейшего анализа со стороны законодателей и экспертов. К таким проблемам относятся нечеткость в определении временных рамок для выполнения определенных требований, вопросы разграничения ответственности при передаче функций на аутсорсинг, а также потребность в дальнейшей интеграции законодательства о КИИ с другими областями права для формирования согласованной и логичной правовой базы.

Список литературы

1. Уголовный кодекс (УК РФ) // Собрание законодательства Российской Федерации от 17.06.1996 г. № 25 ст. 2954.
2. Кодекс об административных правонарушениях (КоАП РФ) // Собрание законодательства Российской Федерации от 07.01.2002 г. № 1 (часть I) ст. 1.
3. Федеральный закон от 26.07.2017 г. № 187-ФЗ «О безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации» (редакция от 01.09.2025) // Официальный интернет-портал правовой информации (www.pravo.gov.ru) 26.07.2017 г.
4. Федеральный закон от 07.04.2025 г. № 58-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «О безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации» (с изменениями и дополнениями) // Собрание законодательства РФ 14.04.2025 г. № 15 ст. 1784.
5. Федеральный закон от 31.07.2025 г. № 325-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» // Доступ из справочно-правовой системы «КонсультантПлюс».
6. Постановление Правительства РФ от 14.10.2023 г. № 1912 «О порядке перехода субъектов критической информационной инфраструктуры Российской Федерации на преимущественное применение доверенных программно-аппаратных комплексов на принадлежащих им значимых объектах критической информационной инфраструктуры Российской Федерации» // Доступ из справочно-правовой системы «КонсультантПлюс».
7. Постановление Пленума Верховного Суда РФ от 15.12.2022 г. № 37 «О некоторых вопросах судебной практики по уголовным делам о преступлениях в сфере компьютерной информации, а также иных преступлениях, совершенных с использованием электронных или информационно-телекоммуникационных сетей, включая сеть «Интернет» // Доступ из справочно-правовой системы «КонсультантПлюс».
8. Приказ ФСБ России от 19.06.2019 г. № 282 «Об утверждении Порядка информирования ФСБ России о компьютерных инцидентах, реагирования на них, принятия мер по ликвидации последствий компьютерных атак, проведенных в отношении значимых объектов критической информационной

инфраструктуры Российской Федерации» // Официальный интернет-портал правовой информации (www.pravo.gov.ru) 17.07.2019 г.

9. Определение Первого кассационного суда общей юрисдикции от 23 июля 2025 г. № 77-2384/2025 [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс: [сайт]. URL: https://www.consultant.ru/law/podborki/uk_rf_kii/ (дата обращения: 31.10.2025).

10. Определение Шестого кассационного суда общей юрисдикции от 29 ноября 2024 г. № 77-3804/2024 [Электронный ресурс] // Информационно-правовой портал «Гарант.ру». URL: https://base.garant.ru/343614917/ (дата обращения: 30.10.2025)

11. Changes in the regulation of the security of critical information infrastructure (CII) // Law Messenger, B1 [Электронный ресурс]. URL: https://b1.ru/en/insights/law-messenger/security-of-critical-information-activities-20-october-2025/ (дата обращения: 31.10.2025).

12. Коренные изменения в законодательстве о критической информационной инфраструктуре // ФНС России. Центральная ФНС России [Электронный ресурс]. URL: https://cpp-nnov.nalog.ru/blog/it-is-interesting/2130-korennye-izmeneniya-v-zakonodatelstve-o-kriticheskoj-informaczionnoj-infrastrukture (дата обращения: 01.11.2025).

13. Новые правила работы с КИИ с 1 сентября 2025 года // Клерк.ру: [сайт]. URL: https://www.klerk.ru/blogs/fedresurs/664500/?srsltid=AfmBOoohhI9Y7uMhdMYMs1TwXh1910qpKEAF-ZC2U-W81RMgQs7vcbXV (дата обращения: 30.10.2025).

14. Обзор изменений в законодательстве за сентябрь 2025 года // Уральский центр систем безопасности [Электронный ресурс]. URL: https://www.ussc.ru/news/novosti/obzor-izmeneniy-v-zakonodatelstve-za-sentyabr-2025-goda/ (дата обращения: 30.10.2025).

15. Обзор изменений в законодательстве. Июль, август 2025 г. // Портал по информационной безопасности [Электронный ресурс]. URL: https://www.itsec.ru/articles/obzor-izmenenij-v-zakonodatelstve-iyul-avgust-2025 (дата обращения: 01.11.2025).

16. Restrictions and measures of state support for business: the digest for 31 March - 13 April 2025 // PGPLAW [Электронный ресурс]. URL: https://www.pgplaw.com/analytics-and-brochures/legislation/support-digest-25-04-13/ (дата обращения: 31.10.2025).

17. Шутова Альбина Александровна Уголовно-правовое обеспечение безопасности критической цифровой инфраструктуры Российской Федерации (на примере учреждений здравоохранения) // Lex Russica. 2025. №9 (226). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/ugolovno-pravovoe-obespechenie-bezopasnosti-kriticheskoy-tsifrovoy-infrastruktury-rossiyskoy-federatsii-na-primere-uchrezhdeniy (дата обращения: 31.10.2025).

УДК 004.056

АНАЛИЗ СПОСОБОВ МНОГОФАКТОРНОЙ АУТЕНТИФИКАЦИИ С УЧЁТОМ СЛОЖНОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ И ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ФАКТОРА

С.Н. Девицына, канд. техн. наук, доцент [1, а)],
В.А. Плисюк, [1, б)]
[1] ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,
Севастополь, Российская Федерация
E-mail: [а)] sndevitsyna@sevsu.ru, [б)] vladi4kayara95934@gmail.com

Аннотация: В статье разбирается, как разные методы многофакторной аутентификации (MFA) справляются с проблемами реализации и влиянием человеческого фактора. Мы оценили их устойчивость к уязвимостям, таким как ошибки в настройке и пользовательские промахи, и предложили рекомендации по выбору подходящих подходов. Анализ показал, что аппаратные токены вроде U2F/FIDO2 и биометрия – самые надёжные, а SMS и push-уведомления часто подводят из-за фишинга и усталости пользователей. Результаты помогут в создании более безопасных систем и политик для компаний.
Ключевые слова: многофакторная аутентификация, человеческий фактор, сложность реализации, U2F/FIDO2, биометрия, анализ.

ANALYSIS OF MULTI-FACTOR AUTHENTICATION METHODS CONSIDERING IMPLEMENTATION COMPLEXITY AND HUMAN FACTOR

S.N. Devitsyna [1, a)], **V.A. Plisyuk** [1, b)]
[1] Sevastopol State University, Sevastopol, Russian Federation
E-mail: [a)] sndevitsyna@sevsu.ru, [b)] vladi4kayara95934@gmail.com

Abstract: The article examines how various multi-factor authentication (MFA) methods handle implementation challenges and the human factor. We assessed their resilience to vulnerabilities like setup errors and user mistakes, and suggested recommendations for selecting optimal approaches. The analysis revealed that hardware tokens like U2F/FIDO2 and biometrics are the most reliable, while SMS and push notifications often fail due to phishing and user fatigue. The results can aid in building more secure systems and policies for companies.
Keywords: multi-factor authentication, human factor, implementation complexity, U2F/FIDO2, biometrics, analysis.

Введение

В современном мире информационной безопасности многофакторная аутентификация играет ключевую роль в защите от несанкционированного доступа, особенно в корпоративных распределённых системах и критически важных инфраструктурах. Однако её эффективность значительно снижается из-за ошибок реализации (технические баги, неправильная конфигурация протоколов вроде HTTP Basic, Digest или NTLM, предустановленные пароли) и человеческого фактора (до 95% атак) [1]. Рост кибератак, эксплуатирующих эти уязвимости, делает актуальным анализ устойчивости методов MFA. В статье рассматривается эволюция от традиционных паролей к современным стандартам вроде FIDO2, с классификацией по факторам знания (пароли, подверженные pass-the-hash), владения (токены, уязвимые к потере) и наследования (биометрия, уязвимая к спуфингу), а также адаптивные подходы с ИИ. Анализ основан на реальных сценариях, включая статистику использования методов в компаниях, для выработки практических рекомендаций по минимизации рисков.

Методы

Методы многофакторной аутентификации классифицируются по факторам знания (пароли и PIN – просты в реализации, но уязвимы к атакам pass-the-hash и слабым паролям) [2], владения (токены, SMS, TOTP – требуют физического устройства, но уязвимы к краже или подмене, как SIM-карта) [3], наследования (биометрия – пассивна, но можно подделать через спуфинг или deepfakes) [4] и адаптивные с ИИ (оценивают контекст вроде места, времени и поведения для динамической проверки, но зависят от данных и могут ошибаться) [5].

Подробный разбор каждого метода, с акцентом на человеческий фактор, сложность внедрения, затраты, уязвимости и защиту:

- SMS: Человеческий фактор сильно влияет — люди легко поддаются вишингу или фишингу, раскрывая коды, плюс записывают пароли на стикерах (57%) или в блокнотах (62%) [6] (рейтинг 4/10). Реализация простая: API-интеграция с провайдерами, без оборудования, но с учётом сетевых задержек (рейтинг 8/10). Затраты низкие: внедрение 850 000–4 500 000 руб., содержание 150–300 руб./пользователь/месяц + 1 руб./SMS [7]. Уязвимости: подмена SIM-карты, man-in-the-middle. Защита: базовая от угадывания паролей. Подходит для малого бизнеса без сложных настроек.
- TOTP (приложения): Человеческий фактор средний — риск потерять телефон или забыть резерв (рейтинг 6/10); пароли хранят на мобильных (55%) или в облаке (49%), но 95% предпочитают apps за удобство [6]. Реализация средняя: установка приложений, синхронизация времени, интеграция с backend (рейтинг 7/10). Затраты средние: внедрение 1 700 000–5 900 000 руб., содержание 250–450 руб./пользователь/месяц [7]. Уязвимости: кража устройства. Защита: криптографическая через HMAC-SHA1. Идеально для среднего бизнеса с удалённой работой.

– U2F/FIDO2 (аппаратные токены): Человеческий фактор минимальный — физическое подтверждение минимизирует фишинг (рейтинг 9/10). Реализация сложная: закупка устройств, настройка ключей, обучение (рейтинг 6/10). Затраты высокие: внедрение 4 500 000–9 000 000 руб., содержание 450–700 руб./пользователь/месяц + токены 1 800–4 500 руб./шт. [7]. Уязвимости: потеря токена. Защита: от man-in-the-middle через криптографическую подпись. Подходит для банков и госорганов [8].

– Биометрия: Человеческий фактор минимальный — пассивная, не зависит от записи паролей (рейтинг 9/10); ложные срабатывания раздражают, но рост до 45% систем [6]. Реализация средняя: интеграция сканеров, обработка данных с приватностью (рейтинг 7/10). Затраты средние: внедрение 2 700 000–7 200 000 руб., содержание 350–500 руб./пользователь/месяц [7]. Уязвимости: спуфинг (deepfakes). Защита: от кражи паролей. Идеально для медицины и ритейла .

– Адаптивная с ИИ: Человеческий фактор средний — ловит аномалии, но ложные тревоги вызывают "усталость от MFA" (рейтинг 7/10). Реализация сложная: сбор данных, обучение моделей, согласие приватности (рейтинг 5/10). Затраты высокие: внедрение 4 500 000–9 000 000 руб., содержание 500–900 руб./пользователь/месяц [7]. Уязвимости: подмена контекста. Защита: от изменяющихся угроз. Подходит для фирм с удалённой работой.

– Push-уведомления: Человеческий фактор высокий — bombing вызывает "усталость от MFA" (25% атак), ошибки в 79% BEC (рейтинг 6/10). Реализация средняя: интеграция apps, лимиты против спама (рейтинг 7/10). Затраты средние: внедрение 1 700 000–5 900 000 руб., содержание 250–450 руб./пользователь/месяц [7]. Уязвимости: социальная инженерия. Защита: от базовых атак. Идеально для мобильных сервисов.

Таблица 1. Сравнительная характеристика методов многофакторной аутентификации

Метод MFA	Устойчивость к человеческому фактору (0-10)	Удобство реализации (0-10)	Общий рейтинг (0-10)
SMS	4	8	6
TOTP	6	7	7
U2F/FIDO2	9	6	8
Биометрия	9	7	8
Адаптивная с ИИ	7	5	6
Push-уведомления	6	7	7

Результаты

Методы MFA демонстрируют разный уровень устойчивости: U2F/FIDO2 и биометрия — наивысший рейтинг (8/10), SMS — низкий (6/10). Таблица 1 отражает сравнение по критериям устойчивости к человеческому фактору и удобству реализации.

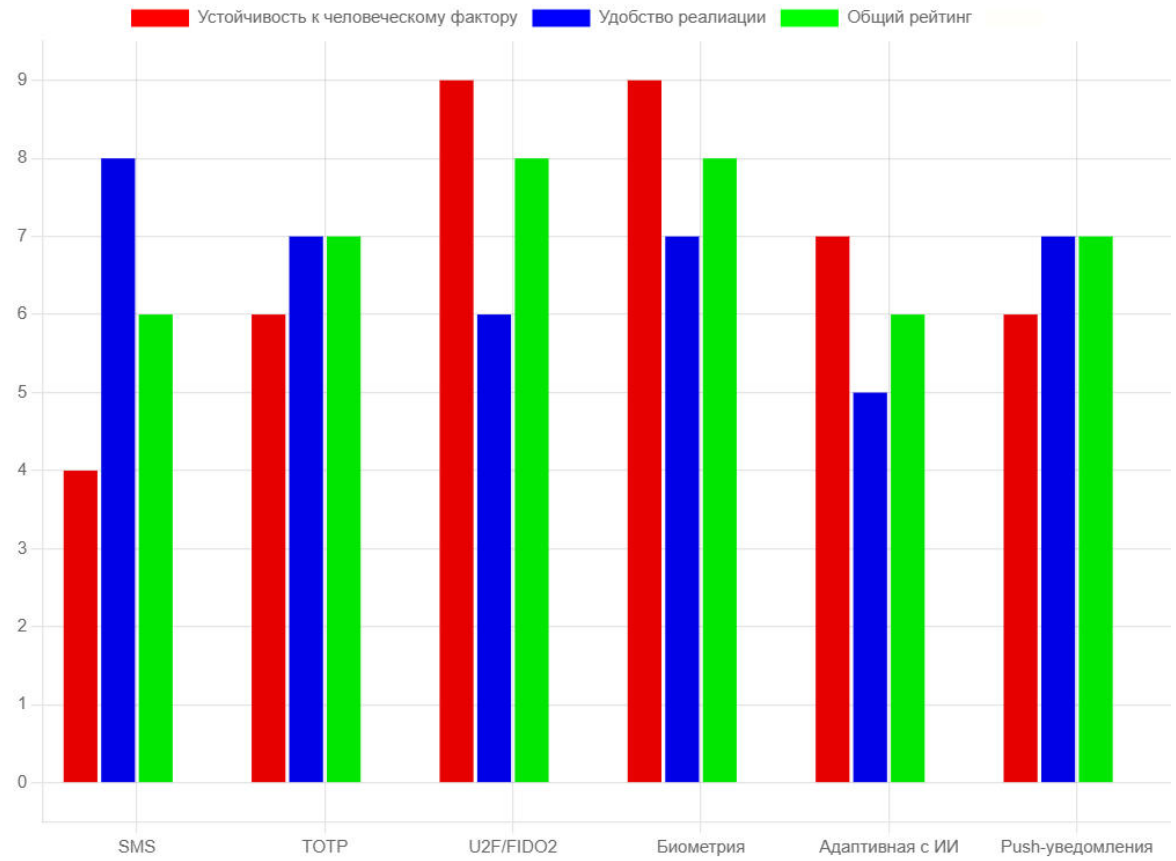


Рис. 1. Сравнительные характеристики методов MFA

Заключение

Анализ выявил различия в устойчивости методов MFA: U2F/FIDO2 и биометрия демонстрируют наивысшую резистентность к человеческому фактору и сложностям реализации, в то время как SMS и push-уведомления уязвимы к социальным атакам и "усталости от MFA". Рекомендуется применение гибридных подходов: U2F/FIDO2 для высокозащищенных систем, адаптивная аутентификация с ИИ для сред с удалённой работой, биометрия и push-уведомления для потребительских сервисов; применение SMS нецелесообразно в критических системах. Полученные результаты позволяют оптимизировать проектирование систем информационной безопасности и разработку корпоративных политик. Перспективы исследований включают интеграцию квантовой криптографии и усовершенствованных алгоритмов ИИ для противодействия deepfake-атакам и не детектируемому вредоносному ПО.

Список литературы

1. Check Point Research. Cyber Security Report 2025. URL: https://research.checkpoint.com/2025/cyber-security-report-2025/ (дата обращения: 11.12.2025).

2. Microsoft Entra. Mandatory MFA. URL: https://learn.microsoft.com/en-us/entra/identity/authentication/concept-mandatory-multifactor-authentication (дата обращения: 11.12.2025).

3. Докучаев В.А., Мытенков С.С., Рахмани Д.Д., Сафонов И.А. Анализ уязвимостей и рисков традиционных парольных систем в контексте корпоративных распределенных систем и критически важных инфраструктур // Экономика и качество систем связи. 2025. № 2. С. 135-148.

4. Иваницкий А.В., Николаенко М.А. Способы аутентификации и их уязвимости // Теория и практика современной науки. 2016. № 2. С. 143-146.

5. Адаптивная (контекстно-зависимая) аутентификация [Электронный ресурс]. URL: https://mfasoft.ru/adaptive-a (дата обращения: 11.12.2025).

6. Scoop Market. Multi-Factor Authentication Statistics. URL: https://scoop.market.us/multi-factor-authentication-statistics/ (дата обращения: 11.12.2025).

7. Trusted Tech Team. Cost & ROI of MFA. URL: https://www.trustedtechteam.com/blogs/security/the-cost-roi-of-multi-factor-authentication (дата обращения: 11.12.2025).

8. Бердников С.А., Бритвина В.В. Сравнительный анализ методов аутентификации: от паролей до биометрии и FIDO2 // Вестник науки. 2025. №8. Т. 1. С. 298-316.

9. Диреев И.Д. Социальная инженерия в контексте информационной безопасности // Международный научно-исследовательский журнал. 2025. № 3. С. 1-8.

10. Кураков В.И., Худадян А.С., Баева У.М. Анализ уязвимостей биометрических методов аутентификации // Вестник науки. 2022. № 5. Т. 2. С. 87-98.

УДК 338:004.056.5

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО РАЗРАБОТКЕ АНАЛИЗАТОРА «ЛЕГИТИМНОГО» DDOS НА ВЕБ-СЕРВЕРА И БАЗЫ ДАННЫХ ДЛЯ КОНТУРОВ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ СУБЪЕКТОВ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

О.С. Чемерис, канд. экон. наук, доцент [1, 2, а)],
А.А. Жилин, аспирант [2, б)]
[1] Высшая школа бизнес-инжиниринга Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, Санкт-Петербург, Российская Федерация
[2] Факультет информационных технологий Московского университета «Синергия», Москва, Российская Федерация
E-mail: [а)] chemeris_os@spbstu.ru, [б)] komplayer31@yandex.ru

Аннотация: В статье рассматривается задача выявления и анализа «легитимного» DDoS. Проведены исследования существующих реализаций, а также разработана математическая модель процесса выявления атак для TCP-соединений. Результаты работы подтверждают возможность создания

доверенного инструмента для анализа «легитимного» DDoS, что открывает перспективы для его практического применения. Рассматривается задача выявления и анализа «легитимного» DDoS как инструмента оптимизации управления рисками и повышения эффективности функционирования информационных систем экономических субъектов. Разработанная математическая модель позволяет осуществлять анализ процесса выявления атак на уровне TCP-соединений, что способствует разработке доверенных инструментальных средств для поддержки управленческих решений в условиях угроз информационной безопасности.
Ключевые слова: Управленческие решения, оптимизация процессов, экономическая эффективность, информационные риски и безопасность субъектов экономической деятельности, «легитимный» DDoS, доверенная реализация, время обработки запросов, обнаружение атак.

RESEARCH ON THE DEVELOPMENT OF A «LEGITIMATIC» DDOS ANALYZER ON A WEB SERVER AND A DATABASE FOR THE CONTOURS OF INFORMATION SYSTEMS OF ECONOMIC ENTITIES

O.S. Chemeris [1, 2, a)], **A.A. Zhilin** [2, b)]

[1] Higher School of Business Engineering, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russian Federation

[2] Faculty of Information Technology, Moscow University "Synergy", Moscow, Russian Federation

E-mail: [a)] chemeris_os@spbstu.ru, [b)] komplayer31@yandex.ru

Abstract: The article addresses the task of detecting and analyzing «legitimate» DDoS. It reviews existing implementations and develops a mathematical model for attack detection in TCP connections. The results confirm the feasibility of creating a reliable tool for analyzing «legitimate» DDoS, opening prospects for its practical application. The problem of detecting and analyzing «legitimate» DDoS is considered as a tool for optimizing risk management and enhancing the efficiency of information systems of economic entities. The developed mathematical model enables the analysis of the attack detection process at the TCP connection level, thereby contributing to the development of trusted software tools for supporting managerial decision-making in the face of information security threats.
Keywords: Management decisions, process optimization, economic efficiency, risk analysis and security of economic entities, «legitimate» DDoS, trusted products, request processing time, attack detection.

Введение

В современных условиях цифровой экономики важность управления информационными рисками отмечена в [1,2], где применяется математическое моделирование для оценки устойчивости экономических систем. Проблема

противодействия «легитимному» DDoS — атакам, использующим легитимные запросы для исчерпания ресурсов целевой системы без перегрузки канала связи, — остается одной из наиболее актуальных для организаций различного профиля, включая субъекты экономической деятельности. Существующие механизмы выявления «легитимного» DDoS, функционирующие на защищаемых системах, зачастую не являются универсальными (результаты их сравнения представлены в таблице 1).

Таблица 1. Сравнение существующих средств выявления «легитимного» DDoS

Средство	Slow Query Log[1] [2]	SQL Server Profiler[3]	pg_stat_st atements + log_min_duration_s tatement[4]	Solar-Winds DPA [5]
Защищаемые системы	MySQL, MariaDB	Microsoft SQL Server, Azure SQL Managed Instance	PostgreSQL	Различные базы данных
Функционал	Логирует запросы, превышающие заданный порог времени обработки.	Отслеживает различные события, в т.ч. выполнение запросов (логирует превышающие заданный порог времени обработки).	Сохраняет статистику запросов, в т.ч. среднее время выполнения. Логирует запросы, превышающие заданный порог времени обработки.	Мониторинг производительности и сбора статистики, в т.ч. логирование медленных запросов.
Язык разработки	C/C++	C, C++, C#	C	Данные отсутствуют
Исходный код	Открытый	Закрытый	Открытый	Закрытый

Они, как правило, предназначены для анализа трафика конкретного типа систем и требуют ручной настройки пороговых значений без предварительного анализа трафика на наличие аномалий. Под аномалиями в сетевом трафике понимается любое отклонение от нормального или ожидаемого поведения сетевого трафика, которое может свидетельствовать о наличии неполадок, атаках или других необычных событий. Кроме того, часть решений не являются доверенными, что обусловливает необходимость проведения трудоемкого анализа их кода на наличие недокументированных возможностей.

Так, исследование направлено на повышение эффективности управления рисками для экономических субъектов за счет применения математических моделей анализа информационной безопасности предприятий и организаций.

---

[1] MySQL. Документация по Slow Query Log // Официальная документация MySQL 8.4. – Режим доступа: https://dev.mysql.com/doc/refman/8.4/en/slow-query-log.html.

[2] MariaDB. Документация по Slow Query Log Overview // Официальная документация MariaDB. – Режим доступа: https://mariadb.com/kb/en/slow-query-log-overview.

[3] Microsoft. Документация по SQL Server Profiler // Официальная документация Microsoft SQL Server. – Режим доступа: https://learn.microsoft.com/en-us/sql/tools/sql-server-profiler/sql-server-profiler?view=sql-server-ver16.

[4] PostgreSQL. Документация // Официальная документация PostgreSQL. – Режим доступа: https://www.postgresql.org/docs/current/

[5] SolarWinds. DPA Getting Started Guide // Официальная документация SolarWinds. – Режим доступа: https://documentation.solarwinds.com/en/success_center/dpa/content/dpa_getting_started_guide.htm.

Методы

Для противодействия «легитимному» DDoS предлагается подход, основанный на анализе временных характеристик обработки запросов. С опорой на работы [3-5] была разработана математическая модель, формализующая процесс выявления тяжелых запросов.

Модель определяет ключевые сущности: множество целевых систем (S), клиентов (C), сервисов (Srv), запросов (Req) и ответов (Rep). Монитор (M), функционирующий как доверенный монитор, захватывает трафик на основе заданных фильтров (F) и вычисляет два критических параметра:

1. Время обработки запроса (T_{req}) — с помощью алгоритма GD (алгоритм, который функционирует на мониторе M, и позволяет получить значение времени обработки запроса от клиента $C_i \in C$, с определенного порта к сервису $srv_u \in Srv$, который терминируется на целевой системе $S_j \in S$).

2. Время между ответами системы (T_{rep}) — с помощью алгоритма $GTbR$ (алгоритм, который функционирует на мониторе M и позволяет получить значение времени между ответами целевой системы $S_j \in S$, на сообщения, отправленные клиентами из C к сервису $srv_u \in Srv$, который терминируется на целевой системе $S_j \in S$).

Для выявления аномалий в этих параметрах применяются алгоритмы $ASiD$ (алгоритм, который функционирует на мониторе M, и позволяет выявлять аномальные значения времени обработки запросов к сервису $srv_u \in Srv$, который терминируется на целевой системе $S_j \in S$ по предварительно собранным данным) и $ASiTbR$ (алгоритм, который функционирует на мониторе M и позволяет выявлять аномальные значения времени между ответами целевой системы $S_j \in S$ на сообщения, отправленные клиентами из C к сервису $srv_u \in Srv$, который терминируется на целевой системе $S_j \in S$ по предварительно собранным данным) соответственно. На этапе обучения система формирует шаблоны нормального поведения (с использованием алгоритмов кластеризации, которые включают максимальные нормальные значения времени обработки запросов ($MNTRq$) и времени между ответами ($MNTRp$) для каждой пары «целевая система — сервис»).

Критерием регистрации «легитимного» DDoS является выполнение одного из следующих условий в течение заданных оператором временных интервалов:

1. Условие 1 (Атака «тяжелыми» запросами): в течение временного окна TDr зафиксировано более $anomCountDur$ аномалий, характеризующихся превышением максимального нормального времени обработки запросов.

2. Условие 2 (Атака на «отзывчивость» системы): в течение временного окна TR зафиксировано более $anomCountDur$ аномалий, выражающихся в превышении максимального нормального времени между ответами целевой системы.

Процесс выявления «легитимного» DDoS можно представить в виде авторской схемы, представленной на рисунке 1.

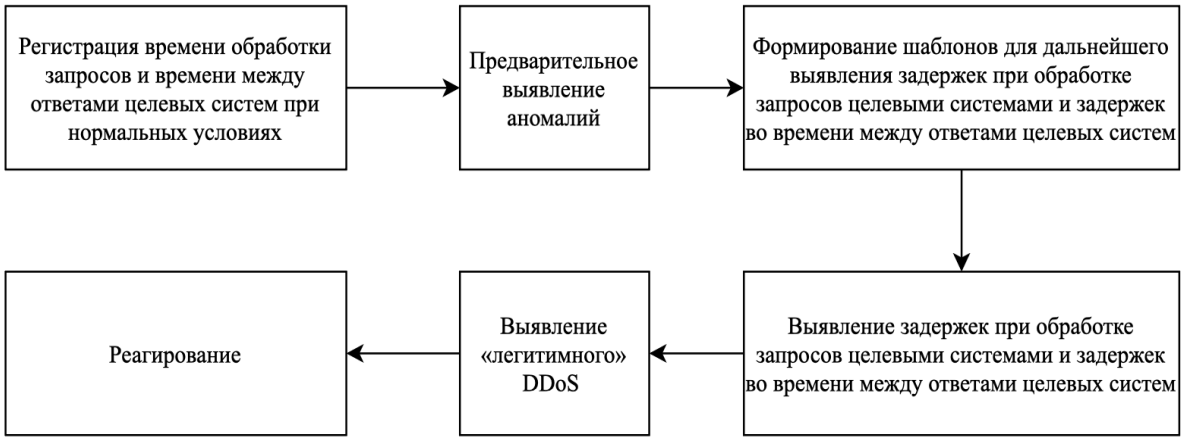


Рис. 1. Процесс выявления «легитимного» DDoS

Представленная схема демонстрирует возможность автоматизированного анализа временных характеристик обработки запросов и отзывчивости информационных систем экономических субъектов. Использование математической модели, на наш взгляд, позволяет оперативно выявлять аномалии, свидетельствующие о потенциальных угрозах, без необходимости ручной настройки пороговых значений. Это способствует повышению устойчивости бизнес-процессов, снижению рисков потери клиентов и финансовых потерь, а также оптимизации расходов на обеспечение информационной безопасности.

Результаты

Была разработана математическая модель выявления «легитимного» DDoS, на основе которой можно реализовать различные алгоритмы для выявления атак данного типа. Разработанный подход может быть интегрирован в системы поддержки принятия управленческих решений для минимизации экономических последствий кибератак.

Заключение

Предложенный подход позволяет создать доверенный универсальный инструмент выявления «легитимного» DDoS, не требующий предварительной настройки целевых систем и не зависящий от вендорских решений. Использование разработанной модели позволяет повысить устойчивость информационных систем компаний, снизить риск потери клиентов и финансовых потерь, оптимизировать расходы на обеспечение информационной безопасности.

Список литературы

1. Федоренко И.В. Информационная безопасность системы дистанционной коммуникации с медицинской информационной системой для отделения лучевой диагностики / И. В. Федоренко, О. С. Чемерис // Интернаука. – 2023. – № 3-1(273). – С. 11-14. – DOI 10.32743/26870142.2023.3.273.351517.

2. Гичко В.И. Анализ статистики по аварийному восстановлению ИТ-инфраструктуры: акценты на сохранность и управление данными / В. И. Гичко,

О. С. Чемерис // Современные вопросы устойчивого развития общества в эпоху трансформационных процессов (шифр – МКСВ) : Сборник материалов XXVII Международной научно-практической конференции, Москва, 20 мая 2025 года. – Москва: АНО ДПО «Университет ИТБО», 2025. – С. 295-301.

3. Cabrera J.B.D., Lewis L., Qin X., Lee W., Prasanth R.K., Ravichandran B., Mehra R.K.. Proactive Detection of Distributed Denial of Service Attacks using MIB Traffic Variables – A Feasibility Study // Материалы 7-го Международного симпозиума IFIP/IEEE по интегрированному управлению сетями, Сиэтл, США, 2001 г. – Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/221293501_Proactive_Detection_of_Distributed_Denial_of_Service_Attacks_using_MIB_Traffic_Variables_-_A_Feasibility_Study.

4. Xu K., Wang F., Gu L. Network-aware behavior clustering of Internet end hosts // Материалы конференции 2011 IEEE INFOCOM, Шанхай, Китай, 10–15 апреля 2011 г. DOI: 10.1109/INFCOM.2011.5935017. – Режим доступа: https://www.public.asu.edu/~fwang25/papers/infocom2011.pdf.

5. Gil T.M., Poletto M. MULTOPS: Структура данных для обнаружения атак на пропускную способность // Труды 10-го Симпозиума по безопасности USENIX, Security 2001, Свободный университет Амстердама, Нидерланды, и Массачусетский технологический институт, Кембридж, США. – Режим доступа: https://www.usenix.org/legacy/events/sec01/full_papers/gil/gil_html/index.html.

УДК 004.056

СОЗДАНИЕ ПРОЕКТА ЗАЩИЩЕННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ БЕЗДИСКОВОЙ КЛИЕНТСКОЙ АРХИТЕКТУРЫ

П.В. Скидан, студент [1, а)],
С.Н. Девицына, канд. техн. наук, доцент [1, б)]
[1] ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,
Севастополь, Российская Федерация
E-mail: [а)] qsnpoll@yandex.ru, [б)] sndevitsyna@sevsu.ru

Аннотация: В работе исследуются центральные вопросы проектирования защищенных автоматизированных систем, использующих бездисковые клиенты. В качестве решения предлагается архитектура, комплексно интегрирующая механизмы обеспечения доверенной загрузки, проверки целостности, создания избыточной серверной инфраструктуры и резервирования каналов связи, что позволяет сформировать отказоустойчивую и безопасную систему.

Ключевые слова: тонкий клиент, бездисковая архитектура, информационная безопасность, доверенная загрузка, контроль целостности, отказоустойчивость, централизованное управление, виртуальная среда, SIEM-системы, несанкционированный доступ.

CREATING A SECURE INFORMATION SYSTEM PROJECT USING A DISKLESS CLIENT ARCHITECTURE

P.V. Skidan [1, a)], **S.N. Devitsyna** [1, b)]
[1] Sevastopol State University, Sevastopol, Russia
E-mail: [a)] qsnpoll@yandex.ru, [б)] sndevitsyna@sevsu.ru

Abstract: The paper explores the central issues of designing secure automated systems using diskless clients. As a solution, an architecture is proposed that comprehensively integrates mechanisms for ensuring trusted boot, integrity verification, creation of redundant server infrastructure and redundancy of communication channels, which makes it possible to form a fault-tolerant and secure system.
Keywords: thin client, diskless architecture, information security, trusted download, integrity control, fault tolerance, centralized management, virtual environment, SIEM systems, unauthorized access.

Введение

В современных условиях наблюдается устойчивая тенденция к применению централизованных подходов к хранению и обработке данных в системах защиты от несанкционированного доступа. К числу таких решений относятся тонкие клиенты (ТК) — устройства с ограниченной вычислительной мощностью, основная логика работы которых реализуется на защищенных серверных комплексах. Ключевое преимущество данной архитектуры заключается в значительном усложнении задачи по хищению информации, поскольку на рабочих местах пользователей не размещаются критически важные данные. В то же время, проектирование подобных систем связано с рядом сложностей, находящихся в сферах информационной безопасности и технической реализации. В данной работе представлен анализ указанных проблем и предложены практические меры по их устранению, направленные на создание отказоустойчивой и защищенной автоматизированной системы.

Основная часть

Одной из наиболее значительных проблем при создании защищенных систем на базе бездисковых клиентов выступает обеспечение доверия к серверу загрузки. Существует риск реализации злоумышленником атаки «человек посередине» (MITM-атака) через подмену DHCP/DNS-ответов в пределах локальной сети. Это позволяет перенаправить загрузчик тонкого клиента на контролируемый злоумышленником сервер, содержащий вредоносный образ операционной системы. В качестве контрмер применяются механизмы доверенной загрузки (PXE Secure Boot), использующие цифровые сертификаты для аутентификации сервера. Дополнительной мерой защиты является организация изоляции сетевых сегментов (VLAN), что полностью блокирует возможность несанкционированного доступа к загрузочному трафику.

Не менее серьезной является проблема обеспечения целостности образов ОС, поскольку их компрометация приводит к масштабному заражению всей клиентской инфраструктуры. Комплексное решение включает реализацию контроля целостности на основе криптографических хэш-сумм, а также внедрение принципов неизменяемой инфраструктуры (Immutable Infrastructure). Данный подход гарантирует, что развернутые образы не подвергаются модификации, а их обновление происходит путем замены на новые, верифицированные версии через централизованные механизмы автоматизированного обновления.

С целью минимизации инсайдерских угроз и последствий случайных действий пользователей применяется политика минимальных привилегий. Эта политика реализуется за счет использования неизменяемых загрузочных образов, блокировки USB-портов, а также ограничения прав на установку программного обеспечения и запись данных на внешние носители. Все пользовательские сессии инициируются в строго контролируемом окружении терминальных серверов или в виртуальной среде (VDI).

С технической точки зрения, ключевые сложности внедрения связаны с высокой нагрузкой на пропускную способность каналов связи. Размер эталонного образа оказывает прямое влияние как на время загрузки, так и на общую производительность сети. Крупные образы создают значительную нагрузку, особенно в моменты одновременной загрузки множества клиентов. Для смягчения этой проблемы используются методы дедупликации и кэширования образов, с дополнительной оптимизацией размера ОС. Последняя достигается за счет минимизации дистрибутива и выноса пользовательских данных и профилей в распределенные сетевые хранилища, настроенные на репликацию между узлами.

Критическая зависимость системы от доступности канала связи требует создания избыточной серверной инфраструктуры. Эта инфраструктура должна включать локальные зеркала и резервные защищенные каналы связи, построенные на базе технологий для управления и оптимизации широкополосных сетей (WAN).

Для распределенных организаций модель с исключительно централизованной архитектурой тонких клиентов не является жизнеспособной. В связи с этим предлагается гибридная архитектура, предполагающая размещение мастер-серверов в центральном ЦОД и подчиненных серверов в филиалах. Такая конфигурация обеспечивает автономность работы филиалов в случае обрывов магистральных каналов связи.

Дополнительно во всей системе внедряется комплексный непрерывный мониторинг целостности всех компонентов. Для этого задействуются SIEM-решения, которые обеспечивают отслеживание аномалий в режиме реального времени, автоматически инициируют процедуры восстановления при обнаружении факта компрометации и уведомляют сотрудников службы информационной безопасности.

Результаты

Показано, что предложенная архитектура защищенной системы обеспечивает комплексное решение проблем безопасности бездисковых клиентов за счет реализации централизованной модели управления. В сравнении с классическими подходами к администрированию рабочих станций, разработанное решение позволяет сократить время развертывания обновлений и изменения политик безопасности с нескольких дней до нескольких часов для инфраструктуры из множества рабочих мест, а также обеспечивает гарантированную идентичность конфигурации всех клиентов за счет использования единого верифицированного образа. Ключевым преимуществом такой системы является возможность централизованного применения мер защиты, включая политики контроля целостности, разграничения доступа и мониторинга инцидентов безопасности, что обеспечивает соответствие требованиям руководящих документов ФСТЭК России при значительном снижении эксплуатационных затрат.

Заключение

Таким образом, с технической точки зрения реализация системы включает в себя комплекс мер по оптимизации сетевой нагрузки, применяя механизмы дедупликации и кэширования данных, а также развертывание распределенной инфраструктуры, которая базируется на использовании локальных зеркал и организации резервирования каналов связи. Разработанная гибридная архитектурная модель позволяет достичь оптимального баланса между преимуществами централизованного управления и необходимой степенью автономности периферийных филиалов.

Список литературы

1. Гатчин Ю.А., Теплоухова О.А. Реализация контроля целостности образа операционной системы, загружаемого по сети на тонкий клиент // Сборник тезисов докладов конгресса молодых ученых. Электронное издание. – СПб.: Университет ИТМО, 2015.

2. Муха М.Д. Система контроля целостности и аутентичности образов операционных систем, загружаемых по сети // Комплексная защита информации: Сборник мат. XII Международной конференции (Ярославль, 13–16 мая 2008 г.). – М., 2008. – С. 139-140.

3. Счастный Д.Ю. Терминальные клиенты: начала защиты // Комплексная защита информации: Сборник мат. XIV Международной конференции (Минск, 19–22 мая 2009 г.). – Минск, 2009. – С. 210-211.

Секция 5

ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ И РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Section 5

INFOCOMMUNICATION AND RADIOELECTRONIC TECHNOLOGIES

УДК 621.396.674.1

АНТЕННА САНТИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА ДЛЯ СЕТИ 5G

И.В. Бакалу, студент 4-го курса [1]
Г.В. Слезкин, старший преподаватель [1, a)]
ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,
Севастополь, Российская Федерация
E-mail: [a)] GVSlezkin@sevsu.ru

Аннотация. Для базовой станции локальных инфокоммуникационных сетей 5G, работающих в сантиметровом диапазоне волн, необходима широкополосная антенна с равномерной диаграммой направленности. В то же время антенна для абонентского терминала должна обеспечивать строго направленное излучение. В ходе исследований — как посредством численного моделирования в программной среде CST Microwave Studio, так и путём натурных экспериментов — удалось подтвердить, что реализовать подобные антенные устройства возможно на базе самодополнительных структур. При этом их изготовление может быть организовано с применением стандартной технологии производства печатных плат.
Ключевые слова: инфокомуникационная сеть 5G, локальная сеть, сантиметровый диапазон, антенна, самодополнительная структура.

CENTIMETER-BAND ANTENNA FOR 5G NETWORK

I.V. Bakalu [1], **G.V. Slyozkin** [1, a)]
[1] Sevastopol State University, Sevastopol, Russia
E-mail: [a)] GVSlezkin@sevsu.ru

Abstract. For a base station of local 5G infocommunication networks operating in the centimeter-wave band, a broadband antenna with a uniform radiation pattern is required. At the same time, the antenna for a subscriber terminal must provide strictly directional radiation. Through research — both via numerical simulation in the CST Microwave Studio software environment and through full-scale experiments — it has been confirmed that such antenna devices can be implemented based on self-complementary structures. Moreover, their manufacture can be organized using standard printed circuit board (PCB) fabrication technology.
Keywords: 5G info-communication netword, local network, centimeter range, antenna, self-complementary structure.

Введение

Сети мобильной связи пятого поколения (5G) принципиально отличаются от предшествующих стандартов тем, что задействуют широкий спектр

частотных диапазонов — от дециметровых до миллиметровых волн — для обслуживания сотовых зон разной площади. В России для функционирования малых сотовых зон, покрывающих городские микрорайоны площадью 1–2 км², официально выделены частоты сантиметрового диапазона (4400–5000 МГц) [1]. При этом до сих пор не существует окончательно отработанных технических решений для антенных систем как базовых станций, так и абонентских устройств. К обоим типам антенн предъявляются схожие требования: они должны быть доступными по стоимости и иметь компактные габариты. Однако между ними есть и принципиальные различия в характеристиках излучения: антенна базовой станции обязана обеспечивать равномерное распределение сигнала в горизонтальной плоскости (равномерную диаграмму направленности); антенна абонентского устройства, напротив, должна формировать строго направленное излучение.

Методы

В выделенном частотном диапазоне относительная ширина рабочей полосы достигает 13 %. Согласно классификации [2, стр. 205], такие антенны считаются широкополосными. При этом требования к ширине рабочей полосы не являются строгими, что открывает возможности для поиска технических решений на базе достаточно простых конструктивных схем.

В частности, известны плоские самодополнительные структуры, в которых форма металлической части полностью соответствует форме незаполненной области — иными словами, эти части геометрически переходят друг в друга [3, стр. 122, 123].

Самые простые варианты самодополнительных конфигураций представляют собой симметричные треугольные клинья бесконечной длины. Они характеризуются двумя углами: углом при вершине (α) и угловым зазором между клиньями (β). Строго говоря, структура становится самодополнительной лишь при условии равенства этих углов 90°. Однако в таком случае входное сопротивление конструкции оказывается слишком высоким по сравнению с волновыми сопротивлениями стандартных коаксиальных кабелей (50 Ом или 75 Ом), что создаёт сложности при согласовании антенн на основе самодополнительных структур.

Как показано в докладе [3], снизить входное сопротивление до требуемых значений можно за счёт уменьшения углового зазора (β) вплоть до нуля. Тем не менее влияние формы края структуры и особенностей практической реализации антенн ранее не изучалось.

В рамках нашего исследования рассматриваются:

- плоская симметричная структура как основа для антенны с равномерной диаграммой направленности (рис. 1, a, b);
- несимметричная структура, в которой зазор между клиньями закорочен для формирования однонаправленного излучения (рис. 1, c, d).

Исходя из свойств фидеров, расстояние от точек питания до перемычки между клиньями (L) было выбрано примерно равным четверти длины волны.

Анализировались два варианта исполнения края структуры:

- с круглой формой края (рис. 1 a, c);
- с прямоугольной формой края (рис. 1 b, d).

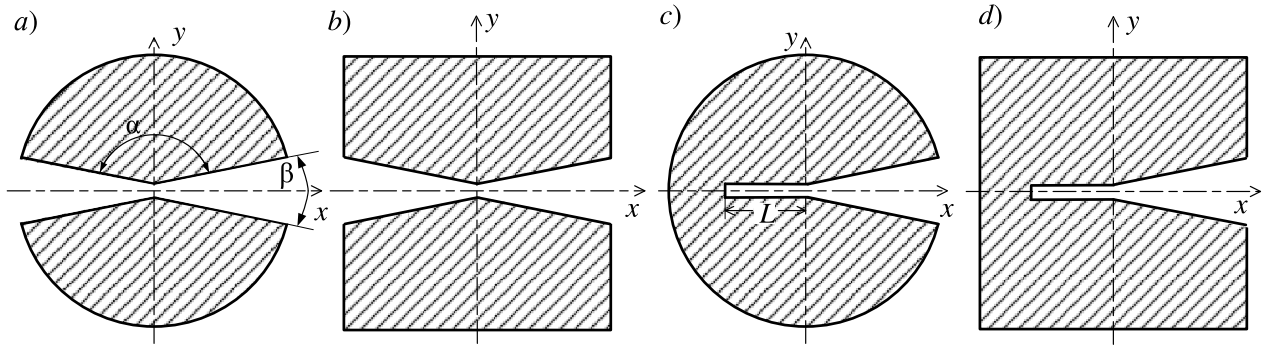


Рис. 1. Формы исследуемых структур

Для моделирования нами была выбрана система автоматизации проектирования устройств СВЧ и антенн *CST Microwave Studio*. Модели были разработаны в такой конфигурации, которая принципиально обеспечивает конструктивно-технологическую разработку антенн: металлические части структур реализованы в виде фольги на диэлектрическом основании. Для снижения влияния диэлектрика эти части выполнены с обеих сторон основания и около точек питания соединены друг с другом с помощью металлических штырей.

Результаты

В ходе расчётов выполнялись подбор оптимальных линейных и угловых размеров моделей. Было установлено, что структуры с прямоугольным краем обеспечивают несколько лучшие характеристики. Они также предпочтительнее для практической реализации, так как имеют более простую форму.

Диаграммы направленности моделей имели требуемую форму:

- у симметричной структуры — близкую к равномерной с максимальной неравномерностью 1.2 дБ;
- у несимметричной структуры — однонаправленную форму с подавлением заднего излучения не менее 15 дБ.

При питании от коаксиального кабеля с волновым сопротивлением 50 Ом наилучшие результаты были достигнуты при значении угла между клиньями β, равным 45° для обеих моделей: уровень КСВ входа были ниже 2.0 во всей расчётной полосе частот.

Для проверки реализуемости предлагаемых антенн были изготовлены макеты на основе двустороннего фольгированного стеклотекстолита и выполнены измерения входных характеристик (рис. 2).

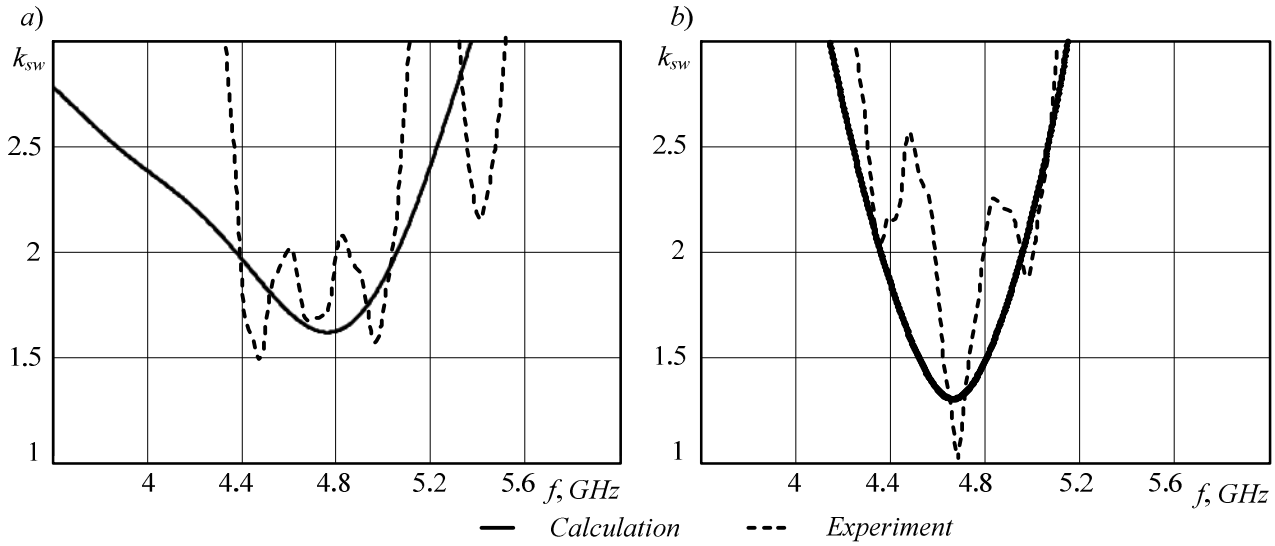


Рис. 2. Результаты расчёта и эксперимента для симметричной (a) и несимметричной (b) антенн

Выводы

Результаты проведенного моделирования и экспериментального исследования доказывают, что теоретический вывод [4] о возможности приблизить входное сопротивление самодополнительной структуры к волновому сопротивлению коаксиальных кабелей в целом подтверждается. Однако на результат практический реализации такой структуры влияет множество факторов: форма края структуры, наличие диэлектрического основания, расположение фидера и т.п. Следовательно, теорию самодополнительных структур можно использовать только как основу для предварительного выбора формы и размеров моделей для компьютерного проектирования. Эти модели следует выполнять с максимально возможным приближением к реальным конструкциям, а для расчётов использовать надёжные пакеты прикладных программ.

Список литературы

1. Конверсия радиочастот для 5G в России начнется в 2021 году [Электронный ресурс] URL: https://www.interfax.ru/russia/735243 (дата обращения: 03.03.2021).

2. Сазонов Д.М. Антенны и устройства СВЧ. – М.: Высш. шк., 1988. – 432 с.

3. Фрадин А.З. Антенно-фидерные устройства. – М.: Связь, 1977. – 454 с.

УДК 621.396.677.55

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВХОДНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ФРАКТАЛЬНОЙ АНТЕННЫ С ЭКРАНОМ

Е.Е. Васин, аспирант [1, a)]
[1] ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,
Севастополь, Российская Федерация
E-mail: [a)] fleetwood_mac@mail.ru

Научный руководитель: А.А. Щекатурин, канд. техн. наук, доцент

Аннотация: В статье представлены результаты электродинамического моделирования фрактальной антенны с экраном, выполненного в диапазоне частот 0,3–10,0 ГГц. Симуляция проводилась при двух конфигурациях, когда экран располагался на удалении 330 мм и 660 мм от антенны. Проведён анализ её рабочих характеристик, включая коэффициент усиления, входное сопротивление и коэффициент стоячей волны (КСВ). Существенной особенностью исследования является интеграция согласующего устройства непосредственно в излучающую структуру антенны, что позволило оценить влияние согласования на эффективность работы.
Ключевые слова: фрактальная антенна, круговая поляризация, согласующее устройство.

SIMULATION OF INPUT PARAMETERS OF A FRACTAL ANTENNA WITH A REFLECTOR

E.E. Vasin [1, a)]
[1] Sevastopol State University, Sevastopol, Russia
E-mail: [a)] fleetwood_mac@mail.ru

Scientific supervisor: A.A. Shchekaturin, Ph.D. tech. Sciences, Associate Professor

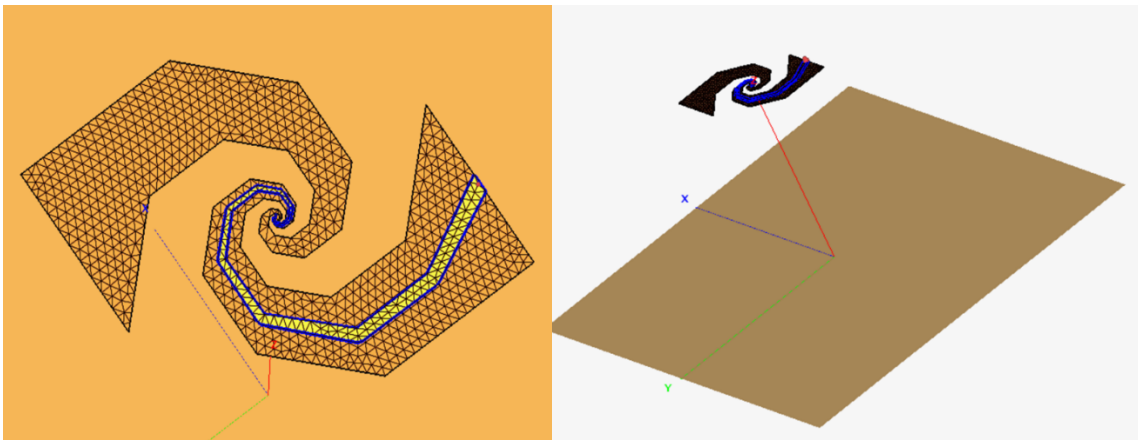
Abstract: The article presents the results of electrodynamic modeling of a fractal antenna with a reflector in the frequency range of 0.3–10.0 GHz. The simulation was performed in two configurations, with the reflector located at a distance of 330 mm and 660 mm from the antenna. The analysis of its performance characteristics, including the gain, input impedance, and standing wave ratio (SWR), was conducted. A significant feature of the research is the integration of a matching device directly into the antenna's radiating structure, which allowed for evaluating the impact of matching on its performance.
Keywords: fractal antenna, circular polarization, impedance matching circuit.

Введение

Анализ влияния экрана на такие системы является актуальной задачей, поскольку он позволяет выявить оптимальные условия работы антенны и обеспечить её стабильные характеристики в широком диапазоне частот [1-4].

В целях оценки влияния экрана на входные характеристики фрактальной антенны с интегрированным согласующим устройством выполнено электродинамическое моделирование при различных расстояниях между антенной и экраном (130 мм и 660 мм). Исследование проводилось в широком частотном диапазоне 0,3–10,0 ГГц, что обеспечило возможность комплексного рассмотрения состояния антенной системы и выявления особенностей её работы в широкополосном режиме.

Двухзаходная фрактальная антенна представляет собой единую плоскую излучающую структуру, сформированную из последовательности равнобедренных прямоугольных треугольников, уменьшенных по масштабу и совмещённых по одному из катетов. Такая геометрия обеспечивает характерную фрактальную топологию, позволяющую реализовать компактность конструкции при сохранении широкополосных свойств.



а) б)

Рис. 1. Общий вид фрактальной антенны с экраном при моделировании:
а) результат построения фрактальной антенны с согласующим устройством;
б) 3D вид фрактальной антенны с экраном

Согласующее устройство реализовано в виде микрополосковой линии, длина которой определяется расчётным входным сопротивлением фрактальной антенны. Входной участок линии выполнен с расширением, предназначенным для сопряжения с фидером стандартного волнового сопротивления 50 Ом. Выходная часть устройства имеет форму узкой полосы, соответствующей импедансу 240 Ом, что обеспечивает требуемое согласование с излучающей структурой антенны.

Результаты

Исследование входных характеристик двухзаходной фрактальной антенны с экраном проводилось в диапазоне частот 0,3 – 10,0 ГГц. При этом расстояние до экрана составляет 50 мм и 130 мм.

Результаты исследования активной части входного сопротивления показаны на рис. 2. Максимум и минимум активной части сопротивления исследуемой антены приходится на диапазон до 1,0 ГГц. Так, для расстояния до экрана 130 мм максимум активного сопротивления антенны 71,2 Ом приходится на частоту 0,78 ГГц, минимум сопротивления 5,13 Ом соответствует частоте 0,3 ГГц. При исследовании антенны с экраном на расстоянии 660 мм максимум сопротивления 90,63 Ом соответствует частоте 0,42 ГГц и 12,18 Ом приходится на частоту 0,3 ГГц.

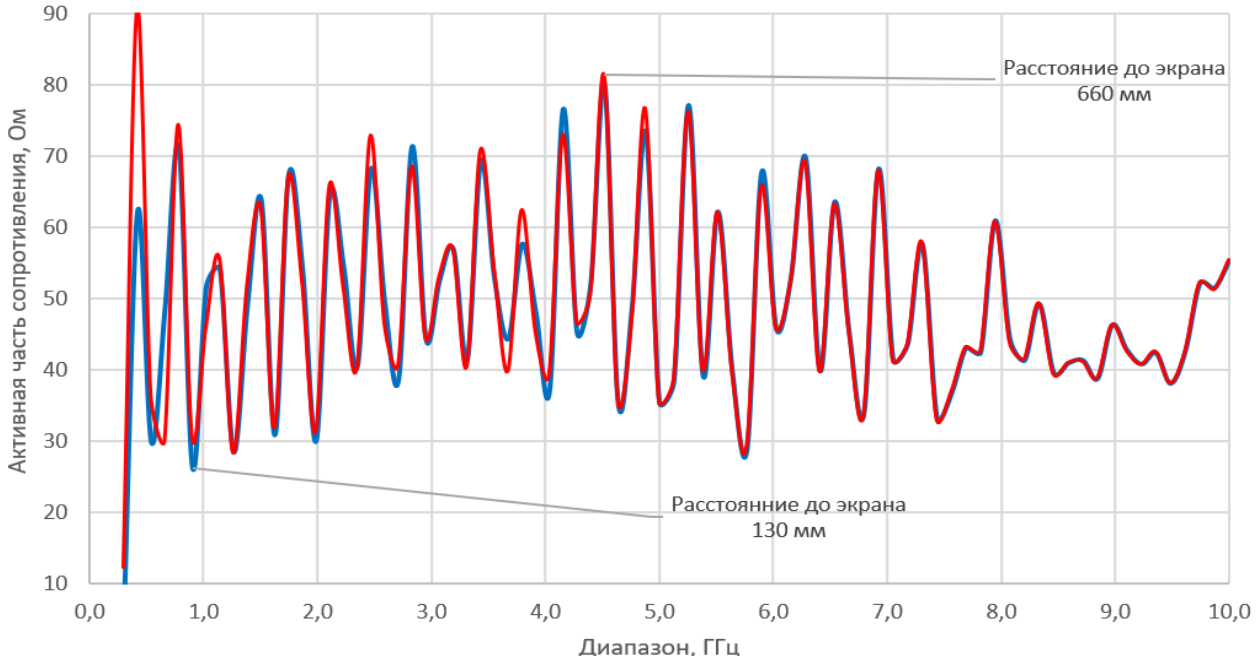


Рис. 2. Активная часть входного сопротивления двухзаходной фрактальной антенны с экраном

Изменения реактивной части входного сопротивления показаны на рис. 3. Они характеризуются чередованием емкостных и индуктивных участков. При этом, емкостное сопротивления преобладает в нижней части диапазона до частоты 2,6 ГГц. Индуктивная компонента входного сопротивления усиливается в области высоких частот.

КСВ двухзаходной фрактальной антенны с экраном на расстояниях 330 мм и 660 мм показаны на рис. 4. Минимальные значения КСВ наблюдаются вблизи резонансных частот антенны в диапазоне 2,3 – 5,1 ГГц. Изменение расстояния до экрана заметно на разных значениях КСВ в диапазоне 0,3 – 1,3 ГГц. Высокие значения КСВ в верхней части диапазона указывают на наличие реактивной составляющей входного сопротивления.

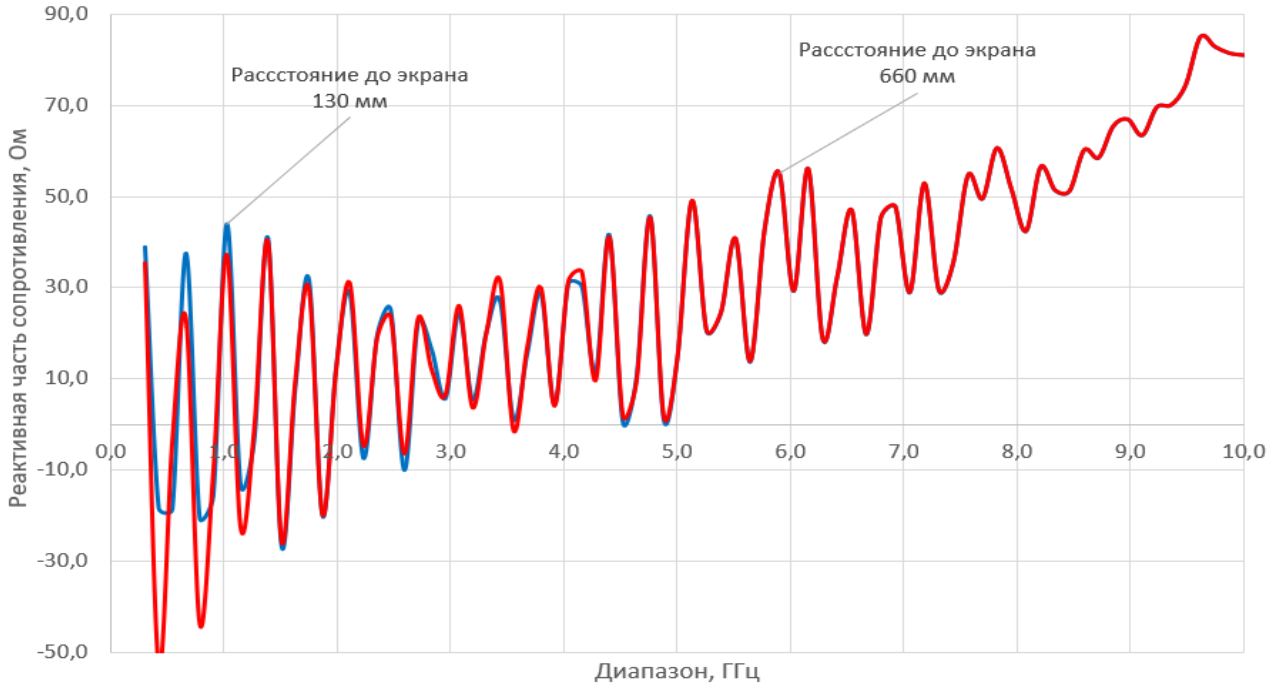


Рис. 3. Реактивная часть входного сопротивления двухзаходной фрактальной антенны с экраном

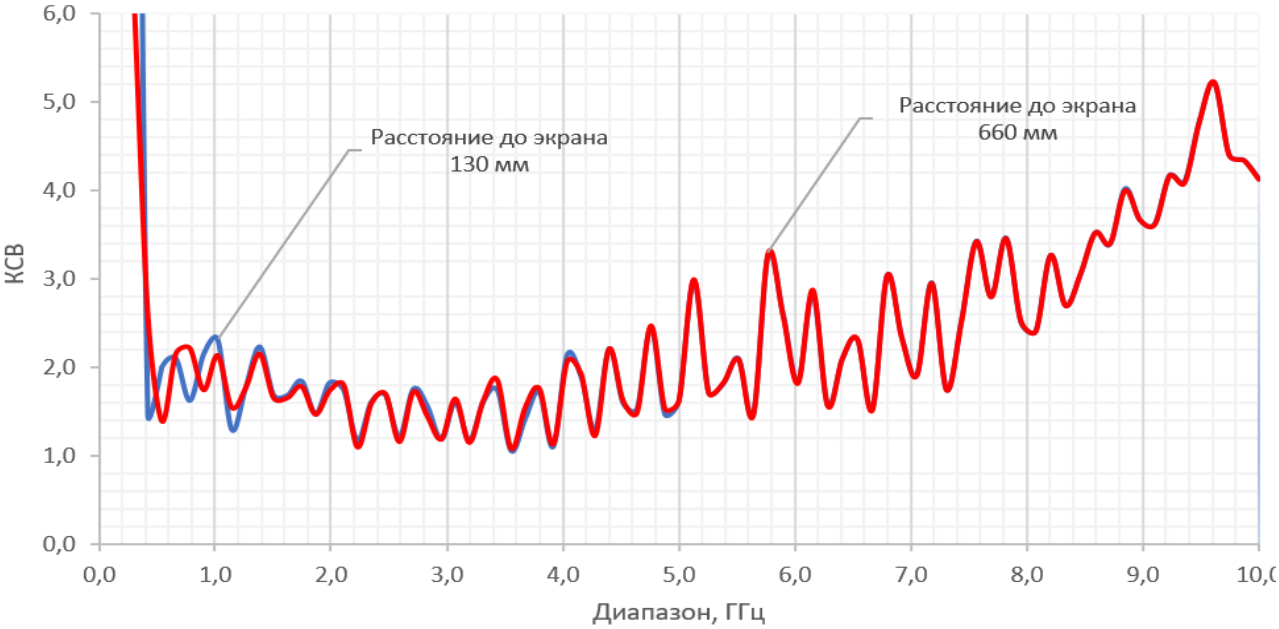


Рис. 4. КСВ двухзаходной фрактальной антенны с экраном

Исследование характеристик коэффициента усиления антенны с экраном показаны на рис. 5. В исследуемом диапазоне частот коэффициент усиления демонстрирует выраженные флуктуации, обусловленные особенностями взаимодействия антенны с экраном, что указывает на неоднородность распределения энергии в различных частотных областях. Нестабильность коэффициента усиления свидетельствует о необходимости выбора оптимального расстояния от антенны до экрана.



Рис. 5. Коэффициент усиления двухзаходной фрактальной антенны с экраном

Заключение

Проведено исследование электродинамических характеристик излучения двухзаходной фрактальной антенны с согласующим устройством и экраном в диапазоне частот 0,3 – 10,0 ГГц. Расстояние до экрана составляло 330 мм и 660 мм. Входные характеристики фрактальной антенны демонстрируют значительные флуктуации параметров в исследуемом частотном диапазоне. Подобная нестабильность может быть связана с комплексным влиянием экрана на распределение электромагнитного поля. Этот эффект в совокупности формирует неоднородные изменения входных характеристик, что позволяет предположить необходимость дальнейших исследований по выбору оптимального расстояния от антенны до экрана.

Список литературы

1. Шляхов А. В. Экспериментальные исследования характеристик антенн в присутствии электромагнитных экранов / А.В. Шляхов // Радиотехника. – 2021. – Т. 85, № 7. – С. 62-68. – DOI 10.18127/j00338486-202107-09. – EDN INRYWO.

2. Экспериментальные исследования макета подземной антенны дециметрового диапазона волн в виде спирали Архимеда с экраном / А.В. Володько, В.А. Пендюрин, В.И. Николаев, Ю.Г. Пастернак // Теория и техника радиосвязи. – 2022. – № 2. – С. 32-38. – EDN VHCQZF.

3. Бузова М.А. Влияние электромагнитных экранов на входное сопротивление вибраторных антенн / М.А. Бузова // СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии. – 2024. – № 6. – С. 40-41. – EDN NSVUAJ.

4. Морозов С.В. Расчет входного сопротивления многозаходной конической спиральной антенны, расположенной над бесконечно протяженным металлическим экраном / С.В. Морозов, Е.В. Васильев // V научный форум телекоммуникации: теория и технологии ТТТ-2021 : Материалы XIX Международной научно-технической конференции, Самара, 23–26 ноября 2021 года. – Самара: Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2021. – С. 183-184. – EDN PQKPDK.

УДК 621.396.673

РАЗРАБОТКА АНТЕННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ МЕТЕОНАВИГАЦИОННОЙ РЛС

Т.А. Иванюк, студент 1-го курса [1, a)]
М.Д. Филиппов, студент 5-го курса [1, a)]
М.С. Беленко, студент 5-го курса [1, a)]
Д.С. Хомочкина, студент 1-го курса [1]
[1] ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,
Севастополь, Российская Федерация
E-mail: [a)] drimov.serafim@bk.ru

Научный руководитель: Ю.Н. Тыщук, канд. тех. наук, доцент

Аннотация: Разработана и исследована антенная система для метеонавигационной РЛС воздушного судна, состоящая из шестнадцати волноводно-щелевых излучателей.
Ключевые слова: волноводно-щелевая антенна, диаграмма направленности, коэффициент усиления антенны, метеонавигационная станция.

DEVELOPMENT OF AN ANTENNA SYSTEM FOR A METEOROLOGICAL RADAR

T.A. Ivanyuk [1, a)], **M.D. Filippov** [1, a)], **M.S. Belenko** [1, a)], **D.S. Khomochkina** [1]
[1] Sevastopol State University, Sevastopol, Russia
E-mail: [a)] drimov.serafim@bk.ru

Scientific supervisor: Yu.N. Tyshchuk, Ph.D. in Engineering, Associate Professor

Abstract: An antenna system for an aircraft's meteorological radar, consisting of sixteen waveguide-slot emitters, has been developed and researched.
Keywords: waveguide-slot antenna, radiation pattern, antenna gain, and meteorological navigation station.

Введение

С развитием авиации, в том числе с появлением беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), к бортовым радиолокационным станциям (БРЛС) предъявляются всё большие требования в отношении помехозащищенности, малогабаритности, многофункциональности и эффективности работы. При создании БРЛС нового поколения требуется использовать новые принципы их проектирования и эксплуатации [1]. Они должны гарантировать соответствие требованиям к созданию нового поколения оборудования и быть адаптивными к

условиям их использования для конкретного типа воздушного судна, учитывая его особенности. Одной из главных составляющий БРЛС является антенная система, отвечающая за точность определения местоположения препятствия. В настоящее время на многих в составе антенных систем активно используются волноводно-щелевые антенны [2].

Основная часть

Для построения антенной системы для БРЛС необходимо было произвести расчеты геометрических параметров волновода, определить количество щелей в одном волноводе, тип волновода, исходя из полученных размеров, исследовать характеристики антенны при различном количестве излучателей [3].

Для определения наиболее подходящего программного обеспечения для проведения описанных выше расчётов было проведено сравнение САПР *Feko* и САПР Гамма. В качестве рассчитываемой модели рассматривалась одноволноводная ВЩА. После проведенных расчётов было выяснено, что расчёты в программе Гамма проводятся значительно быстрее, чем в *Feko*, при этом общий характер зависимостей в рассматриваемом диапазоне сохраняется. Расчёт рассматриваемой антенны производился в диапазоне частот 9330—9410 МГц.

На рис. 1, 5 показаны внешний вид рассматриваемых ВЩА с различным количеством волноводов.

На рис. 2, 3 приведены диаграммы направленности для одного излучателя в *E*- и *H*- плоскостях.

На рис. 4 показана зависимость КСВ от частоты одного излучателя.

На рис. 6, 7 приведены диаграммы направленности для шестнадцати излучателей в *E*- и *H*- плоскостях.

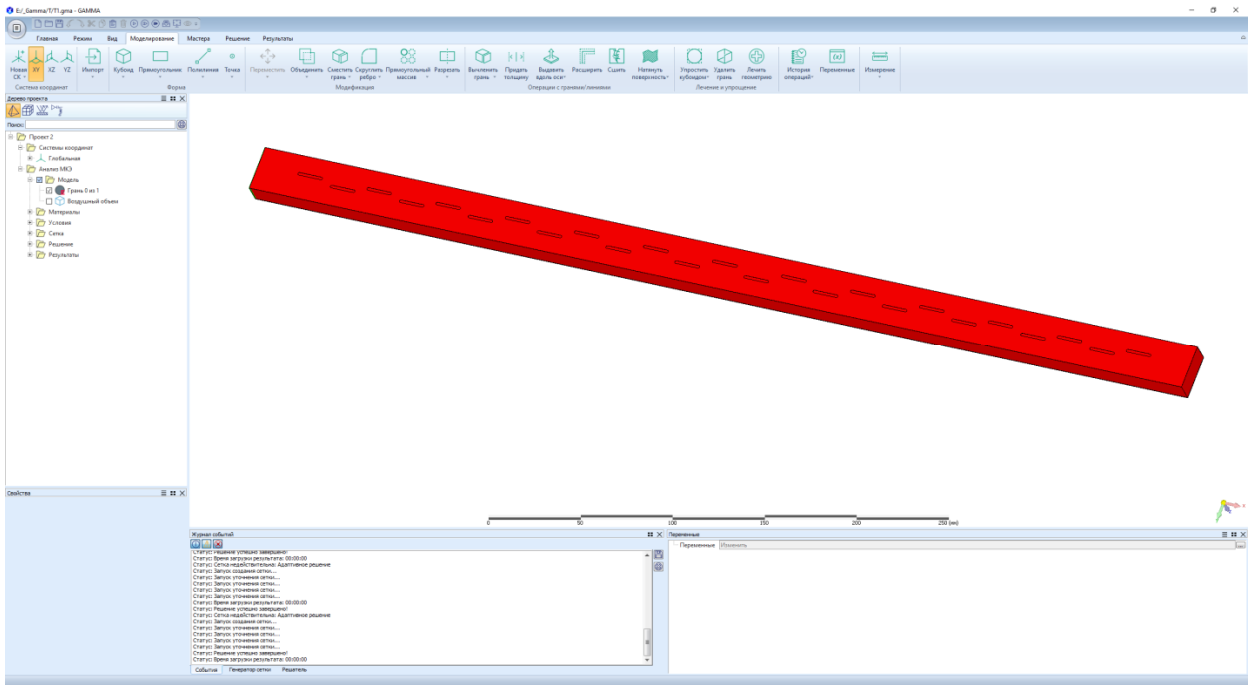


Рис. 1. Интерфейс САПР Гамма с построенной в ней моделью одноволноводной ВЩА

Ширина диаграммы направленности одного излучателя в *E*-плоскости составляет 3,2° и 56° в *H*-плоскости. Уровень бокового излучения в *E*-плоскости составляет –20,4 дБ, в *H*-плоскости боковые лепестки отсутствуют. Коэффициент усиления составляет 20,6 дБи.

Ширина диаграммы направленности шестнадцати излучателей в *E*-плоскости составляет 3,2° и 3,5° в *H*-плоскости. Уровень бокового излучения в *E*-плоскости составляет –19,3 дБ, в *H*-плоскости уровень боковых лепестков составляет –13,3 дБ. Коэффициент усиления равен 34 дБи.

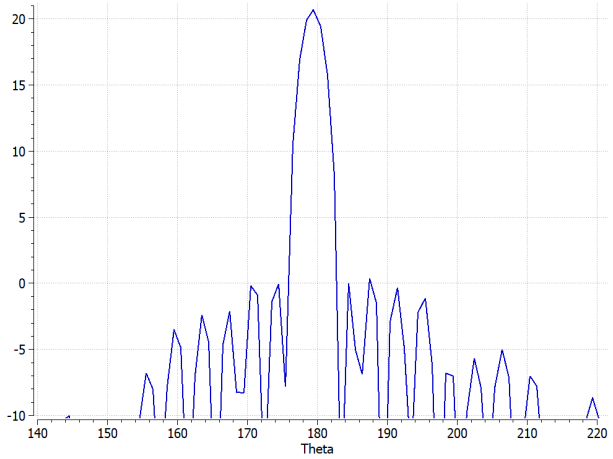


Рис. 2. ДН разрабатываемой антенны в *E*-плоскости на частоте 9370 МГц в декартовой системе координат

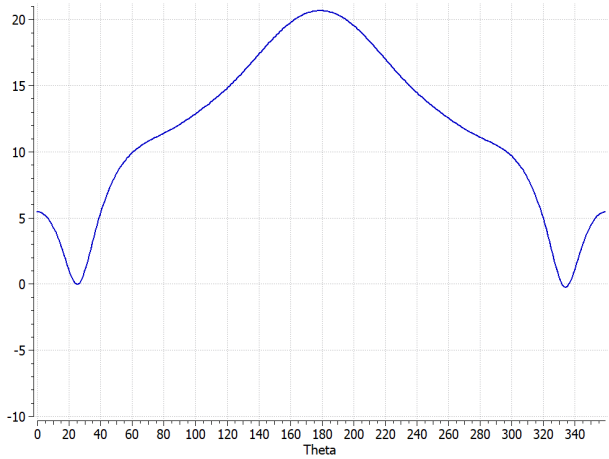


Рис. 3. ДН разрабатываемой антенны в *H*-плоскости на частоте 9370 МГц в декартовой системе координат

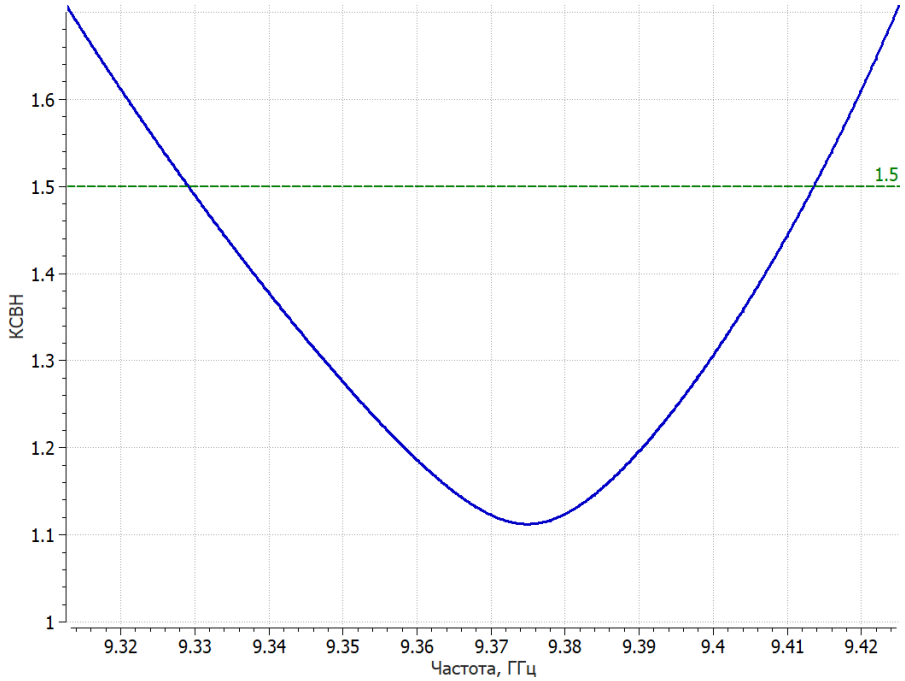


Рис. 4. Зависимость коэффициента стоячей волны на входе антенны от частоты

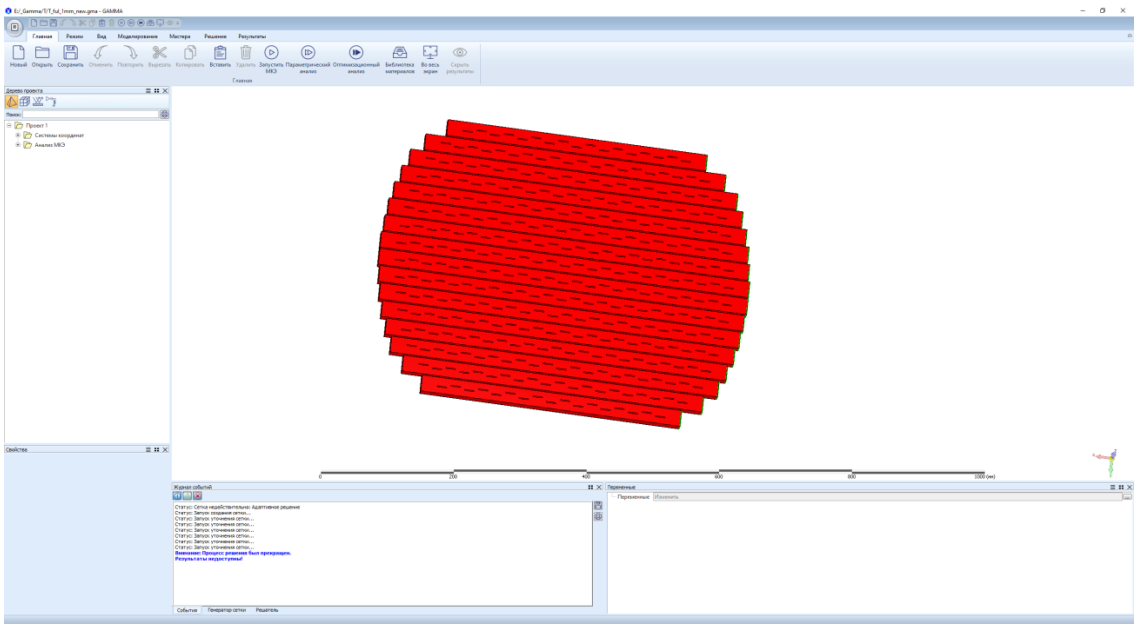


Рис. 5. САПР Гамма с построенной в ней моделью шестнадцативолноводной ВЩА

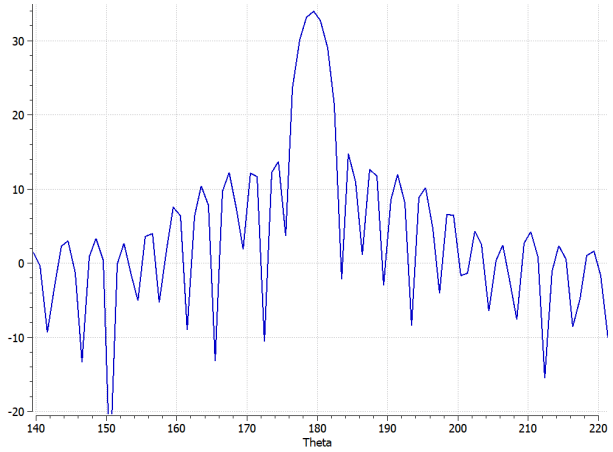


Рис. 6. ДН разрабатываемой антенны в *E*-плоскости на частоте 9370 МГц в декартовой системе координат

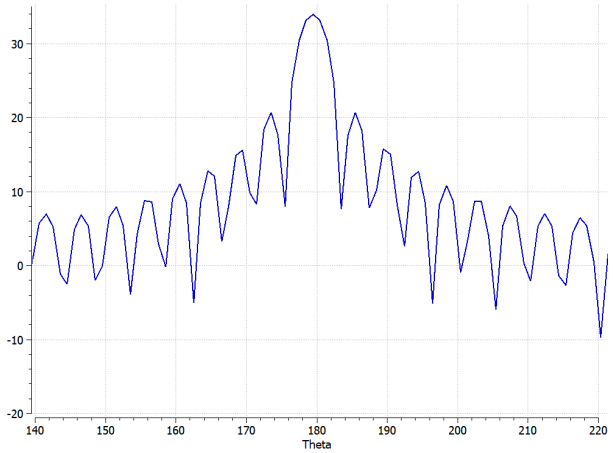


Рис. 7. ДН разрабатываемой антенны в *H*-плоскости на частоте 9370 МГц в декартовой системе координат

В таблице 1 приведены характеристики излучения антенной решётки для различного количества волноводно-щелевых излучателей.

Таблица 1. Характеристики излучения антенной решётки волноводно-щелевых излучателей

Кол-во волноводов	Ширина ДН в E-плоскости	Ширина ДН в H-плоскости	УБЛ в E-плоскости	УБЛ в H-плоскости	КУ, дБи
1	3,2°	56°	−20,4 дБ	—	20,6
2	3,2°	33°	−19 дБ	−11 дБ	23,8
4	3,2°	15°	−20 дБ	−13,2 дБ	27,5
8	3,2°	7°	−20,6 дБ	−13,5 дБ	30,9
12	3,2°	4,4°	−20,3 дБ	−13,2 дБ	32,7
16	3,2°	3,5°	−19,3 дБ	−13,3 дБ	34

Заключение

Разработана волноводно-щелевая антенная система, состоящая из шестнадцати волноводов, обеспечивающая в диапазоне частот 9330 — 9410 МГц устойчивое однонаправленное излучение, ширину диаграмм направленности 3,2° в Е-плоскости, от 3° до 33° в Н-плоскости в зависимости от количества используемых в решётке волноводов, согласование антенны с питающей линией КСВ не хуже 1,5 и КПД излучения антенны более 99%.

Список литературы

1. Устройство, принцип работы и будущее развитие отечественных БРЛС [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://na-journal.ru/3-2024-radiotehnika-akustika/9717-ustroistvo-princip-raboty-i-budushchee-razvitie-otechestvennyh-brls?ysclid=mbjoqdbpd5405977217 (Дата обращения: 28.11.2025).

2. Кочуров А. И. Основы воздушной навигации. В 2 ч.: учебное пособие / А. И. Кочуров. — Ч. 2. — Ульяновск: УИ ГА, 2006. — 57 с.

3. Кюн Р. Микроволновые антенны / Р. Кюн. — Москва: Судостроение, 1967. — 520 с.

УДК 621.396.673

РАЗРАБОТКА АНТЕННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ БАЗОВОЙ СТАНЦИИ 4G

Т.А. Иванюк, студент 1-го курса [1, a)]
Д.С. Хомочкина, студент 1-го курса [1, a)]
[1] ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,
Севастополь, Российская Федерация
E-mail: [a)] drimov.serafim@bk.ru

Научный руководитель: Ю.Н. Тыщук, канд. тех. наук, доцент

Аннотация: Разработан и исследован элемент антенной решетки, представляющий собой один активный вибраторный излучатель и два пассивных элемента, расположенных рядом с активным. Для формирования излучения ортогональной поляризации рядом с первым элементом решётки размещается дополнительный, развернутый на 90°.

Ключевые слова: широкополосный излучатель, антенна решётка, *X*-поляризация.

DEVELOPMENT OF AN ANTENNA SYSTEM FOR A 4G BASE STATION

T.A. Ivanyuk [1, a)], **D.S. Khomochkina** [1, a)]
[1] Sevastopol State University, Sevastopol, Russia
E-mail: [a)] drimov.serafim@bk.ru

Scientific supervisor: Yu.N. Tyshchuk, Ph.D. in Engineering, Associate Professor

Abstract: An antenna array element has been developed and studied. It consists of one active vibrator radiator and two passive elements located next to the active element. To generate orthogonal polarization radiation, an additional element is placed next to the first element of the array and rotated by 90°.
Keywords: broadband radiator, antenna array, X-polarization.

Введение

Несмотря на активное развитие мобильной связи пятого и шестого поколений, в Российской Федерации, как и по всему миру, активно используется связь четвёртого поколения. Устанавливаются новые базовые станции, увеличиваются зоны покрытия. Постоянно происходит модернизация базовых станции производителями.

В Российской Федерации активно идёт разработки и модернизация собственных базовых станций четвёртого поколения. Одной из составных частей любой базовой станции, в том числе и четвёртого поколения, являются антенные системы, которые на данный момент слабо представлены отечественными разработками. Поэтому возникает необходимость в разработке отечественных антенных систем, способных работать в диапазонах частот 4*G*, выделенных для Российской Федерации [1—3].

Основная часть

В качестве излучателя антенной решётки был выбран широкополосный вибраторный излучатель с двумя пассивными элементами. Такой излучатель выполняется из толстой проволоки или металлической трубки. Для увеличения широкополосности и улучшения направленных свойств рядом с активным вибратором размещаются два пассивных элемента.

В Российской Федерации для работы 4*G* используются следующие диапазоны частот:

— *Band* 3 1800 — 1880 МГц;
— *Band* 7 2620 — 2690 МГц;
— *Band* 31 450 МГц;
— *Band* 38 2570 — 2620 МГц;
— *Band* 20 790 — 820 МГц.

Антенна предназначена для базовых станций, работающих с *Band* 3, *Band* 7 и *Band* 38, то есть общий рабочий диапазон составляет 1800 — 2690 МГц. С

учётом запаса по частоте, все результаты приводятся для диапазона 1600 — 2800 МГц.

Антенна предназначена для базовых станций, работающих с *Band* 3, *Band* 7 и *Band* 38, то есть общий рабочий диапазон составляет 1800 — 2690 МГц. С учётом запаса по частоте, все результаты приводятся для диапазона 1600 — 2800 МГц

При оптимизации геометрических параметров элемента антенной решётки подбирались размеры, указанные на рис. 1, на котором показан эскиз элемента антенной решётки и все геометрические параметры, которые определялись в ходе расчёта.

На рис. 1 (а) видна общая конструкция активного излучатели и положение точки его питания.

На рис. 1 (б) показано взаимное расположение двух пассивных элементов.

На рис. 1 (в) также показано расположение всех элементов излучателя друг относительно друга.

Для формирования однонаправленного излучения необходимо наличие экрана рис. 1 (в) над которым размещаются все элементы антенны.

От экрана к активному излучателю две металлические трубки, по которым к точке питания может подниматься коаксиальный кабель.

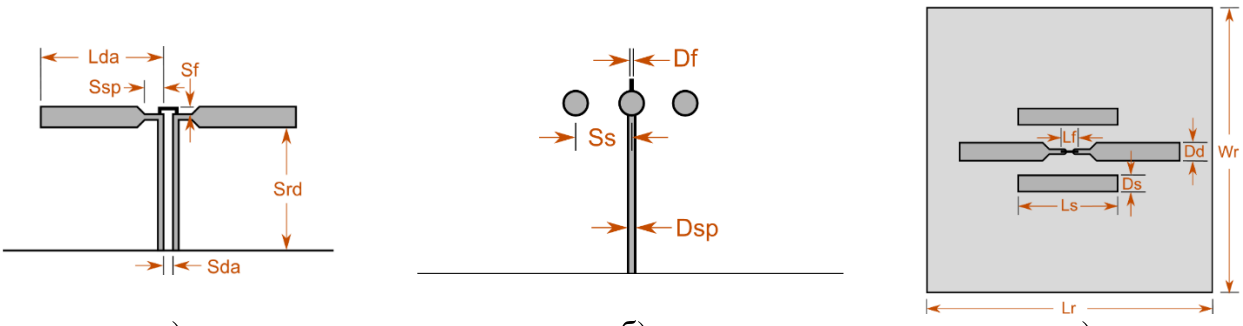
В результате оптимизации были получены следующие размеры элементов антенны: *Lda* = 37,5 мм, *Sda* = 0,75 мм, *Dd* = 4,3 мм, *Sf* = 2,1 мм, *Lf* = 2,9 мм, *Df* = 0,45 мм, *Ds* = 4,3 мм, *Ls* = 38,8 мм, *Ss* = 8,3 мм, *Dsp* = 2,6 мм, *Ssp* = 2,8 мм.

Для расчётов разрабатываемой антенны был выбран САПР *Feko* 2020. На рис. 2 показан интерфейс программы с построенной в ней моделью антенной решётки.

На рис. 3 показана частотная зависимость КСВ на входе элемента антенной решётки, в диапазоне частот не поднимается выше 1,5.

На рис. 4 показаны ДН одного элемента антенной решетки на различных частотах в диапазоне частот от 1,6 до 2,8 ГГц.

На рис. 5 показаны модели антенных решёток AP1 и AP2, состоящих из большего количества излучателей. В таблице 1 приведены характеристики полученные в результате исследования моделей AP1 и AP2.



а) б) в)

Рис. 1. Эскиз элемента антенной решётки: а) вид спереди, б) вид сбоку, в) вид сверху

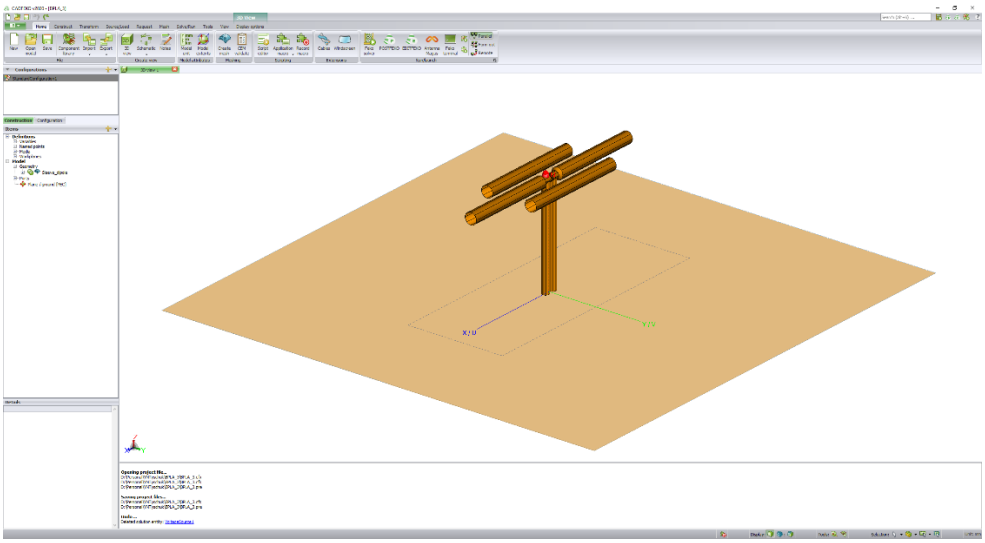


Рис. 2. Интерфейс программы *Feko* 2020 с построенной в ней моделью элемента антенной решётки

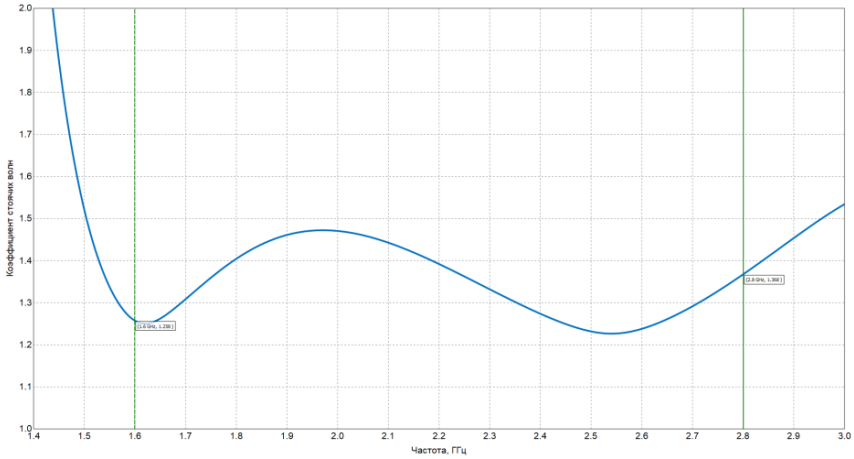
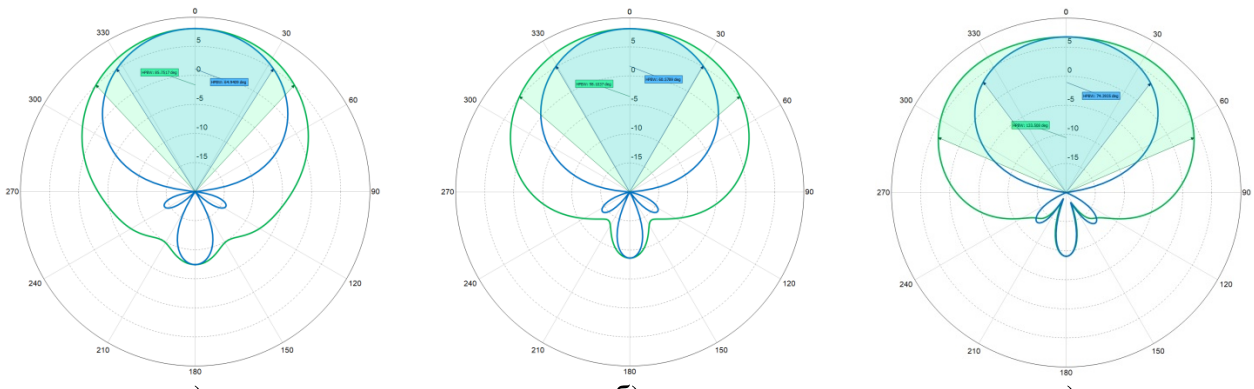


Рис. 3. Частотная зависимость коэффициента стоячей волны на входе элемента антенной решётки



а) б) в)

Рис. 4. ДН одного излучателя в диапазоне частот в плоскостях *XOZ* и *YOZ* от 1,6 до 2,8 ГГц на частоте: а) 1,6 ГГц (а); б) 2,2 ГГц; в) 2,8 ГГц

а) б)

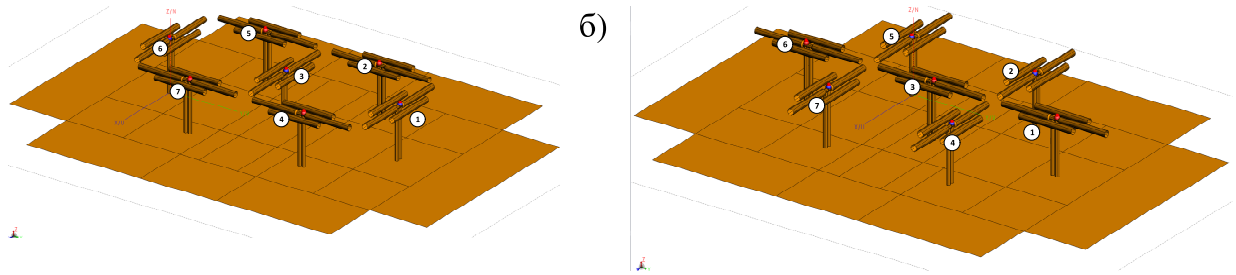


Рис. 5. Модель антенной решётки: а) АР1 (а); б) АР2

Таблица 1. Характеристики АР1 и АР 2

Антенная решётка	В плоскости *XOZ*	В плоскости *YOZ*	Уровень побочного излучения, дБ
АР1 (при работе поперечных излучателей 1, 3, 6)	от 52,0° до 50,8°	от 34,5° до 30,7°	–12,4
АР1 (при работе продольных излучателей 2, 4, 5, 7)	от 53,4° до 31,9°	от 38,7° до 34,3°	–14,7
АР2 (при работе поперечных излучателей 1, 3, 6)	от 84,6° до 100,7°	от 31,1° до 22,2°	–13,4
АР2 (при работе продольных излучателей 2, 4, 5, 7)	от 44,6° до 38,6°	от 52,9° до 45,6°	–17,4

Заключение

Разработан элемент антенной решётки, состоящий из четырёх попарно работающих излучателей, формирующих отдельно линейную вертикальную и горизонтальную поляризации. Ширина диаграмм направленности меняется в зависимости от конфигурации антенны. Уровень бокового излучения и КСВ составляют не более –12,4 дБ и не более 1,5 в диапазоне частот от 1,6 ГГц до 2,8 ГГц для всех антенных решёток, что является удовлетворительным результатом.

Список литературы

1. Dual-Broadband Printed Dipole Antenna for 2G/3G/4G Base Station Applications / XiongZhi Zhu, JinLing Zhang, Tong Cui, ZhanQi ZhengA / International Journal of Antennas and Propagation. – Volume 2019. – Issue 1. URL: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1155/2019/4345819 (дата обращения: 28.11.2025).

2. Saeidi-Manesh H., Zhang G. Low Cross-Polarization, High-Isolation Microstrip Patch Antenna Array for Multi-Mission Applications // IEEE Access. 2019. No. 7. P. 5026–5033. URL: https://www.researchgate.net/publication/329884720_Low_Cross-Polarization_High-Isolation_Microstrip_Patch_Antenna_Array_for_Multi-Mission_Applications (дата обращения: 28.11.2025).

3. Rusek F. Scaling up MIMO: Opportunities and challenges with very large arrays / F. Rusek // IEEE Signal Processing Magazine. – 2013. – V. 30. – № 1. – P. 40–60.

УДК 621.391

НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ОПТОВОЛОКОННОЙ СВЯЗИ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ ПРИ ПЕРЕДАЧЕ КОММАНД ГРУППАМ БПЛА

А.Б. Кадыржан [1, 2, а)], **И.Э. Сулейменов** [2, б)],
Е.С. Витулёва [3, в)], **Д.Б. Шалтыкова** [2, г)]
[1] Алматинский университет энергетики и связи им. Г. Даукеева, Алматы, Казахстан
[2] Национальная Инженерная Академия РК, Алматы, Казахстан
[3] Национальная научная лаборатория коллективного пользования информационных и космических технологий (ННЛКП ИКТ) КазНТУ имени К.И. Сатпаева, Алматы, Казахстан
E-mail: [а)] aru.kadyrzhan@gmail.com, [б)] esenych@yandex.kz, [в)] lizavita@list.ru, [г)] shaltykova.d@mail.ru

Аннотация: Рассматриваются новые подходы к использованию волоконно-оптической связи в задачах защиты командно-информационного обмена при групповом применении беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Предлагается внутригрупповая волоконно-оптическая связь для распределённой синхронизации и координации, снижающая чувствительность системы к радиопомехам и усложняющая перехват/подмену управляющих воздействий. Для радиотехнической идентификации источника команд в зоне прямой видимости (LoS) применяется измерение временной разности прихода и/или разности фаз квазигармонического сигнала с последующей геометрической обработкой (пересечение асимптот гипербол) и снятием неоднозначности по критерию относительно центра группы. Дополнительно предложен аппаратно-ориентированный способ обфускации командных данных, основанный на вычислении дискретного логарифма в специальных конечных полях, что позволяет реализовать маскирование при ограниченных ресурсах бортовой вычислительной системы. Показано, что совокупность указанных решений формирует практико-ориентированную архитектуру защиты каналов управления для групп БПЛА.
Ключевые слова: оптоволоконная связь, группа БПЛА, защищённая передача команд, фазовые портреты, обфускация данных.

NEW APPROACHES TO USING FIBER-OPTIC LINKS FOR INFORMATION SECURITY IN COMMAND TRANSMISSION TO UAV SWARMS

A.B. Kadyrzhan, [1, 2, a)], **I.E. Suleimenov** [2, b)],
E.S. Vitulyova [3, c)], **D.B. Shaltykova** [2, d)]

[1] Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after G. Daukeev, Almaty, Kazakhstan
[2] National Engineering Academy of the Republic of Kazakhstan, Almaty, Kazakhstan
[3] National Scientific Laboratory for the Collective Use of Information and Space Technologies (NSLC IST), Almaty, Kazakhstan
E-mail: [a)] aru.kadyrzhan@gmail.com, [b)] esenych@yandex.kz, [c)] lizavita@list.ru, [d)] shaltykova.d@mail.ru

Abstract: The paper discusses new approaches to using fiber-optic links to enhance the security of command-and-control communications in UAV swarm operations. An intra-swarm fiber-optic line is proposed for distributed synchronization and coordination, reducing sensitivity to RF interference and complicating interception or command spoofing. For RF emitter/operator attribution in line-of-sight scenarios, the method relies on measuring time-difference-of-arrival and/or phase differences of a quasi-harmonic signal, followed by geometric processing via hyperbola-asymptote intersections with an explicit disambiguation criterion relative to the formation center. In addition, a hardware-oriented data obfuscation technique based on discrete logarithm computations in special finite fields is outlined, enabling lightweight masking under embedded constraints. Together, these components form a practical architecture for secure command transmission to UAV swarms.
Keywords: fiber-optic link, UAV swarm, secure command link, phase portraits, data obfuscation.

Введение

Групповое применение БПЛА [1-3] усиливает уязвимость каналов управления: радиоканал подвержен постановке помех, перехвату и подмене команд, а также воздействию на системы навигации и связи. Классическое криптографическое обеспечение конфиденциальности и аутентичности [4-7] повышает стойкость к перехвату, однако не устраняет физические угрозы (глушение, спуфинг) и зачастую повышает требования к вычислительным ресурсам и пропускной способности. В этой связи представляет практический интерес использование волоконно-оптических линий связи внутри группы БПЛА как физически защищённого контура координации и синхронизации. Волоконно-оптический контур позволяет разделить функции: внутри группы – надёжная координация и распределение служебной информации, а по радиоканалу – взаимодействие с оператором и/или внешними узлами. Цель работы — сформировать комплексный подход, в котором оптоволоконная связь используется не только как канал передачи, но и как средство снижения требований к синхронизации и повышения помехоустойчивости при решении задач защиты передачи команд и идентификации источника команд.

Методы

Предлагаемый подход включает три взаимосвязанных компонента (табл. 1). Во-первых, внутригрупповая волоконно-оптическая линия используется для распределённой синхронизации и обмена служебными

данными, обеспечивая устойчивую координацию между бортами при минимальном влиянии внешней РЭБ. Схема реализации предлагаемого метода представлена на рис.1.

Во-вторых, для радиотехнической идентификации источника команд в условиях прямой видимости измеряются TDoA и/или разности фаз квазигармонического сигнала [8], а оценка положения выполняется геометрической обработкой с использованием пересечений асимптот гипербол; предусмотрен критерий выбора корректного решения для снятия неоднозначности.

В-третьих, для повышения защищённости командных данных при ограниченных ресурсах предлагается обфускация на основе вычисления дискретного логарифма в специальных конечных полях (квазимерсенновского вида), что позволяет реализовать маскирование с упором на аппаратную эффективность.

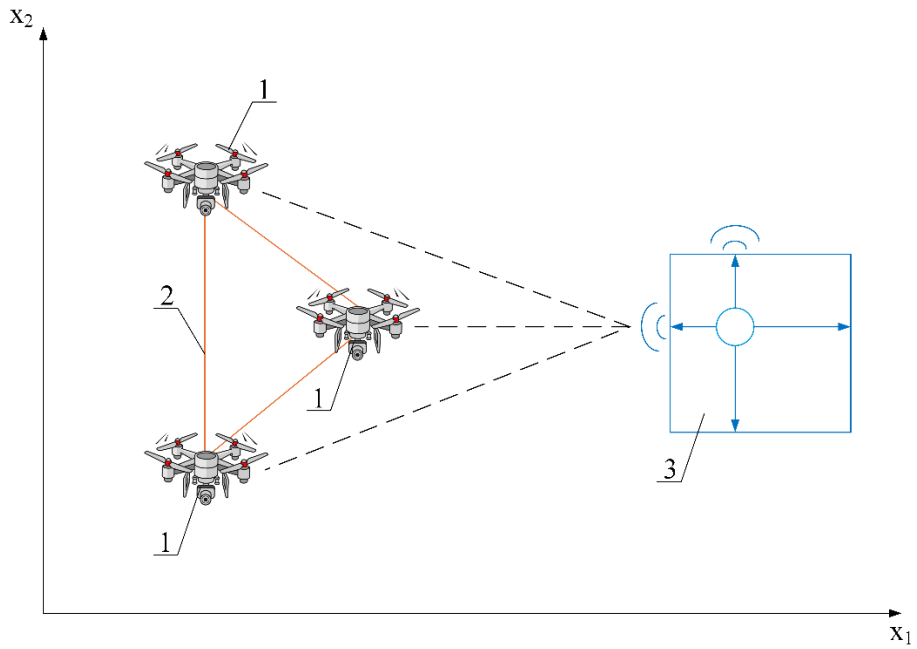


Рис. 1. Схема реализации метода защиты информации при использовании оптоволоконной связи внутри группы: 1, 2, 3 – дроны; формирующие пары; 4 – оптоволоконная линия связи; 5 – источник радиосигнала

Таблица 1. Компоненты предлагаемого подхода и их назначение

Компонент	Входные данные	Результат
Волоконно-оптическая синхронизация	Служебные сообщения, метки времени/синхросигналы	Согласование времени и устойчивая координация внутри группы
Локализация источника по TDoA/Δφ	Измерения на борту 3 БПЛА (Δt, Δφ) в зоне прямой радиовидимости	Оценка положения источника/оператора и атрибуция управляющего воздействия
Обфускация на основе дискретных логарифмов	Символы команд, ключевые параметры	Маскирование (обфускация) команд при низких ресурсных затратах

Результаты

Сформулирована архитектура защищённой передачи команд группе БПЛА, в которой оптоволоконная связь выполняет роль физически защищённого внутригруппового контура синхронизации и координации. Показано, что вынесение синхронизации в волоконно-оптическую подсистему снижает жёсткость требований к межбортовым часам при использовании фазовых и временных измерений в задачах радиотехнической идентификации. Предложенная геометрическая обработка на основе асимптот гипербол обеспечивает вычислительно лёгкое получение кандидатов решения и позволяет ввести формализованный критерий снятия неоднозначности для формации из трёх БПЛА. Отдельно обоснована применимость аппаратно-ориентированной обфускации командных данных на базе дискретного логарифмирования в специальных полях Галуа, что расширяет спектр средств защиты при ограничениях по вычислениям и задержке.

Заключение

Представлены новые подходы к использованию оптоволоконной связи в системах группового применения БПЛА: волоконно-оптический контур рассматривается как средство физической защиты и распределённой синхронизации внутри группы, повышающее устойчивость к радиопомехам и затрудняющее подмену команд. Предложенное сочетание оптоволоконной синхронизации, радиотехнической идентификации источника команд на основе TDoA/разностей фаз и лёгкой обфускации на основе дискретного логарифмирования формирует практико-ориентированную архитектуру защиты командно-информационного обмена. Направления дальнейших исследований связаны с расширением условий применимости (NLoS) и исследованием интеграции предложенных механизмов в реальные протоколы управления роем.

Список литературы

1. Pan Cao, Lei Lei, Shengsuo Cai, Gaoqing Shen, Xiaojiao Liu, Xinyi Wang, Lijuan Zhang, Liang Zhou, and Mohsen Guizani. 2024. Computational Intelligence Algorithms for UAV Swarm Networking and Collaboration: A Comprehensive Survey and Future Directions. Commun. Surveys Tuts. 26, 4 (Fourthquarter 2024), 2684–2728. https://doi.org/10.1109/COMST.2024.3395358

2. Alqudsi Yunus, Makaraci, Murat. (2025). UAV swarms: research, challenges, and future directions. Journal of Engineering and Applied Science. 72. 10.1186/s44147-025-00582-3.

3. Conceição Maria, Grilo Antonio, Basiri Meysam. (2025). Communication and Motion Coordination Awareness in Networked Aerial Robot Teams. Ad Hoc Networks. 176. 103875. 10.1016/j.adhoc.2025.103875.

4. Abu-Faraj M. A., Al-Hyari A., Altaharwa I., Alqadi Z., Ali B. (2023). Increasing the security of transmitted text messages using chaotic key and image key cryptography. International Journal of Data and Network Science, 7(2), 809-820.

5. Khan H. N., Chaudhuri A., Das, A., Chaudhuri A. (2020). An ultra robust session key based image cryptography. Microsystem Technologies, 26(7), 2193-2201.
6. Subramani S., Svn S.K. (2023). Review of security methods based on classical cryptography and quantum cryptography. Cybernetics and Systems, 1-19.
7. Sixto X., Currás-Lorenzo G., Tamaki K., Curty M. (2023). Secret key rate bounds for quantum key distribution with faulty active phase randomization. EPJ Quantum Technology, 10(1), 1-26.
8. Suleimenov I., Kadyrzhan A., Vitulyova Y.; et al. The use of fiber optics for securing information during command transmission to UAV groups. Int. J. Inf. Technol. 2025. https://doi.org/10.1007/s41870-025-02719-2.

УДК 621.39:004.725

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПОСТРОЕНИЯ И ПРОТОКОЛОВ МОНИТОРИНГА ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ

А.Д. Ажицкий, студент [1, a)]
[1] ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,
Севастополь, Россия
E-mail: [a)] artemiy2003@gmail.com

Научный руководитель: Е.А. Редькина, канд. техн. наук, доцент

Аннотация: Рассмотрены варианты реализации систем мониторинга телекоммуникационной сети. Изучены и проанализированы программные решения для мониторинга. Проанализирован процесс настройки и контроля сети на основе доступных решений.
Ключевые слова: мониторинг сетей, телекоммуникационные сети, автоматизация управления сетевого оборудования.

ANALYSIS OF NETWORK METHODS AND PROTOCOLS FOR MONITORING TELECOMMUNICATION NETWORKS

A.D. Azhitsky [1, a)]
[1] Sevastopol State University, Sevastopol, Russian Federation
E-mail: [a)] artemiy2003@gmail.com

Scientific supervisor: E.A. Redkina, Ph.D. tech. Sciences, Associate Professor

Abstract: The methods of creating telecommunication network monitoring systems were examined. Software solutions for monitoring telecommunication networks were

studied and analyzed. A process of setting up and controlling a network based on existing solution has been studied.
Keywords: network monitoring, telecommunication networks, automation of network device control.

Введение

Современные телекоммуникационные сети характеризуются высокой степенью сложности, масштабируемости и динамичности, что делает их эффективный контроль и управление критически важными задачами. Быстрое развитие цифровых сервисов, рост объёмов передаваемых данных и повышение требований к качеству связи приводят к необходимости своевременного выявления неисправностей, оптимизации сетевых ресурсов и обеспечения стабильности работы инфраструктуры. В этих условиях методы построения и протоколы мониторинга телекоммуникационной сети приобретают особую значимость, так как именно они определяют полноту, точность и оперативность получения информации о состоянии сети.

Актуальность исследования усиливается переходом операторов к мультисервисным архитектурам, широким внедрением облачных технологий, виртуализацией сетевых функций и развитием концепций 5G и будущих поколений связи [1]. Всё это требует пересмотра подходов к мониторингу, внедрения более интеллектуальных, гибких и масштабируемых решений, способных обеспечивать устойчивость сети в реальном времени.

В работе поставлена задача анализ существующих методов и протоколов мониторинга с целью выявить их возможности и ограничения, а также определить направления совершенствования технологий наблюдения за состоянием телекоммуникационной инфраструктуры.

Методы

Процесс настройки сети с применением автоматизированных средств, например, Ansible представлена на рисунке 1. Принцип настройки заключается в следующем [2]:

– сетевой инженер задаёт характеристики сети и сохраняет их в так называемом «Источнике Правды», который является по своей сути таблицей или документом, который должен иметь актуальные данные о сети;

– с помощью программного обеспечения, например, Ansible, производится автоматизированная конфигурация сетевого оборудования на основании данных из «Источника Правды»;

– для мониторинга сетевого оборудования применяются соответствующие инструменты и программы, например, Zabbix, SMNP, при этом осуществляется одновременная сверка полученных характеристик оборудования и трафика в сети с «идеальными» характеристиками, установленными на «Источнике Правды».



Рис. 1. Процесс настройки и мониторинга сети

В ходе анализа существующих методов и технологий мониторинга и автоматизированного управления были проанализированы программные решения для систем мониторинга. Можно сказать, что наиболее популярными и безопасными являются следующие программные решения:

– Zabbix: программа отслеживания и мониторинга характеристик сетей, которая позволяет наблюдать за состоянием сети в реальном времени;

– Site 24x7: программа мониторинга сайтов, которая позволяет анализировать один или несколько сайтов в сети, за характеристиками и нагрузками которых тоже необходимо следить;

– VoIP Monitor: программа мониторинга VoIP систем, которая поддерживает большинство протоколов VoIP;

– Wireshark: программа для детального отслеживания конкретных протоколов, осуществляется в полуавтоматическом режиме;

Можно выделить несколько основных протоколы, использующихся для мониторинга это протокол SMNP и ICMP [2].

Протокол SMNP предназначен для осуществления мониторинга параметров сетевого оборудования. Протокол предполагает настройку отправки требуемых параметров от так называемых «агентов» (конечных сетевых устройств) до так называемого «менеджера» (устройство, на котором установлено отслеживающее программное обеспечение). Протокол SMNP позволяет отслеживать состояние устройств, получая уведомления о событиях. SMNP менеджером может быть любое устройство с установленным программным обеспечением для мониторинга (например, Zabbix). SMNP агентом может быть любое устройство, поддерживающее SMNP, например роутеры, коммутаторы или даже IoT-устройства [3].

В свою очередь, известный протокол ICMP предназначен для отправки сообщений об ошибках и передачи служебной информации, которая указывает на успех или неудачу при обмене данными с другим IP-адресом [4]. В целом, ICMP используется для отправки специальных сообщений между сетевыми устройствами, пакеты этого протокола могут содержать информацию, например:

– об ошибке доставки: сообщение Destination Unreachable (недостижимый пункт назначения), сообещние Time Exceeded (истекло время жизни);

– о параметрах потока для его контроля и управления: сообщение Source Quench, (запрос на снижение скорости отправки сообщений);

– о перенаправлении: сообщение Redirect (сообщение хосту о более эффективном маршруте к заданному конечному устройству/сети).

Представленная схема управления и мониторинга в сети с применением элементов автоматизации при всей привлекательности реализации может иметь и недостатки, связанные с безопасностью и устойчивостью работы при отсутствии контроля со стороны оператора сети.

Так, например, возможная проблема автоматизации систем мониторинга заключается в увеличении шанса к авариям потенциально большого масштаба в отсутствии дополнительной проверки и при увеличении шанса человеческой ошибки. Например, недавняя авария во всемирном сервисе Cloudflare была вызвана неправильно заданными параметрами, которые были отправлены в «Источник Правды», что привело к автоматической конфигурации сетевого оборудования на некорректные параметры и сбою всей системы [5].

Результаты

В результате проведенного обзора систем управления и мониторинга разработан алгоритм настройки и мониторинга сети с применением современных инструментов. Для проведения дальнейших исследований по отказоустойчивости предложенных инструментов разработан структура экспериментальной сети с анализом возможности мониторинга VoIP систем с использованием программного обеспечения VoIP Monitor, с упором на оптимизацию данных систем.

Заключение

Были исследованы современные методы мониторинга телекоммуникационных сетей. Проведён обзор современных программных решений и протоколов, используемых в данных системах, а также возможных проблемах мониторинга телекоммуникационных сетей. В дальнейшем будут экспериментально исследованы существующие системы для анализа отказоустойчивости, с применением такие выбранных инструментов, как «Shortest Expected Delay», VoIP Monitor, SMNP, Zabbix и др.

Список литературы

1. Строим гибкие сети для растущих компаний: сетевая виртуализация с SDN и NFV. — URL: https://habr.com/ru/companies/mws/articles/717158/ (дата обращения: 10.11.2025).

2 Основы мониторинга. — URL: https://habr.com/ru/articles/709204 (дата обращения: 10.11.2025).

3. Fundamentals SNMP — URL https://habr.com/ru/articles/888692/?ysclid=miosba04a7647690425 (дата обращения: 10.11.2025).

4. Сложно о простом. Самые популярные протоколы и принципы их работы. ARP, ICMP, IGMP, TCP, UDP, SCTP, DNS и DHCP. Часть 1 — URL https://habr.com/ru/companies/timeweb/articles/848604/?ysclid=miosblsfse988737565 (дата обращения: 10.11.2025).

5. Cloudflare Outage on November 18’th — URL https://blog.cloudflare.com/18-november-2025-outage/.

УДК 621.396.677.3:621.373.8

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ДИАГРАММООБРАЗУЮЩИХ УСТРОЙСТВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ АНТЕННЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИЙ RADIO-OVER-FIBER И КРЕМНИЕВОЙ ФОТОНИКИ

А.С. Манько, аспирант 2-го курса [1, а)]
В.В. Головин, канд. тех. наук, доцент [1, б)]
[1] ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,
Севастополь, Российская Федерация
E-mail: [а)] sahamanko@mail.ru, [б)] v_golovin@mail.ru

Аннотация: В работе проведен комплексный анализ современных направлений развития диаграммообразующих устройств для интеллектуальных антенных систем с использованием радиофотонных технологий. Особое внимание уделено архитектурным решениям, основанным на принципах Radio-over-Fiber и реализации на платформе кремниевых фотонных интегральных схем. Продемонстрированы значительные преимущества применения кремниевой фотоники для создания перспективных систем формирования диаграмм направленности, характеризующихся компактностью и энергоэффективностью. Определены наиболее перспективные направления разработки гибридных диаграммообразующих устройств, интегрирующих достижения радиофотоники, квазиоптики и микроволновой техники.

Ключевые слова: радиофотоника, диаграммообразующее устройство, интеллектуальная антенная система, Radio-over-Fiber, фотонная интегральная схема, кремниевая фотоника.

TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF BEAMFORMING NETWORKS FOR INTELLIGENT ANTENNA SYSTEMS BASED ON RADIO-OVER-FIBER AND SILICON PHOTONICS TECHNOLOGIES

A.S. Manko [1, a)], **V.V. Golovin** [1, b)]
Sevastopol State University, Sevastopol, Russian Federation
E-mail: [a)] sahamanko@mail.ru, [б)] v_golovin@mail.ru

Abstract: The paper presents a comprehensive analysis of current development trends in beamforming devices for intelligent antenna systems using microwave photonics technologies. Particular attention is paid to architectural solutions based on Radio-over-Fiber principles and implementation on silicon photonic integrated circuits platform. Significant advantages of using silicon photonics for creating advanced beamforming systems characterized by compactness and energy efficiency are demonstrated. The most promising directions for the development of hybrid beamforming devices integrating achievements in microwave photonics, quasi-optics and microwave technology are identified.
Keywords: microwave photonics, beamforming device, intelligent antenna system, Radio-over-Fiber, photonic integrated circuit, silicon photonics.

Введение

Современные системы связи и радиомониторинга демонстрируют устойчивую тенденцию к ужесточению требований по быстродействию, помехозащищённости и энергетической эффективности антенных систем. В этом контексте интеллектуальные антенные системы, обладающие способностью к адаптивному формированию и пространственной обработке диаграмм направленности, становятся ключевым компонентом перспективных радиотехнических комплексов [1, 2]. Однако традиционные подходы к построению диаграммообразующих устройств на основе полупроводниковых технологий сталкиваются с фундаментальными ограничениями, обусловленными экспоненциальным ростом вычислительной сложности управления многоэлементными фазированными антенными решётками.

В качестве перспективного решения обозначенной проблемы рассматривается применение радиофотонных технологий, позволяющих реализовать распределительный тракт диаграммообразующих устройств на основе волоконно-оптических компонентов. Особый научный и практический интерес представляет использование принципов Radio-over-Fiber в сочетании с фотонными интегральными схемами на кремниевой платформе, что открывает новые возможности для создания компактных, широкополосных и энергоэффективных систем формирования диаграмм направленности [1, 3].

Основная часть

Современные радиофотонные диаграммообразующие устройства базируются на реализации принципа Radio-over-Fiber, который предполагает преобразование СВЧ-сигнала в оптический диапазон с последующей обработкой средствами интегральной фотоники. Основными преимуществами данного методологического подхода являются достижение значительной широкополосности, которая для современных отечественных компонентов составляет до 25 ГГц, а для передовых зарубежных разработок достигает 100 ГГц. Немаловажным аспектом является существенное улучшение электромагнитной совместимости и устойчивости к внешним воздействиям, что особенно актуально для бортовых радиотехнических систем. Дополнительным преимуществом выступает возможность пространственного разнесения антенной системы и модулей обработки сигналов при одновременном снижении массогабаритных показателей по сравнению с традиционными волноводными аналогами.

Центральным элементом радиофотонных диаграммообразующих устройств является система фазирования, реализующая принцип True Time Delay, который обеспечивает частотно-независимый фазовый сдвиг во всей рабочей полосе частот. Данный подход позволяет полностью исключить эффект "расплывания" лучей диаграммы направленности при работе с широкополосными сигналами, что представляет собой существенное преимущество по сравнению с традиционными фазовращателями.

Развитие технологий кремниевой фотоники открывает новые горизонты для миниатюризации радиофотонных диаграммообразующих устройств. Кремниевые фотонные интегральные схемы демонстрируют исключительную совместимость с КМОП-технологиями, что создает предпосылки для разработки гибридных электронно-фотонных схем следующего поколения. Достигнутый уровень технологического развития позволяет обеспечить низкие оптические потери, составляющие менее 0,05 дБ/см для технологических норм 50 нм, при одновременной возможности организации массового производства с приемлемой себестоимостью.

В Российской Федерации наблюдается активное развитие исследований в области кремниевой фотоники, что находит отражение в работах таких ведущих научно-производственных центров, как "Микрон" и НИИИС им. Седакова, разработавших фотонные интегральные схемы по технологическим нормам 90 нм и 350 нм. Перспективы дальнейшего развития связаны с планируемым вводом в эксплуатацию специализированного производства фотошаблонов ФИС в Зеленограде, намеченным на конец 2025 года, что позволит обеспечить технологическую независимость в данной стратегически важной области.

Перспективным направлением научно-технического развития представляется разработка гибридных диаграммообразующих устройств, органически сочетающих преимущества радиофотонных, квазиоптических и микроволновых технологий. К числу наиболее перспективныз архитектурных решений относятся системы на основе волнового мультиплексирования с

плотным спектральным уплотнением, ориентированные на применение в многолучевых интеллектуальных антенных системах. Значительный потенциал демонстрируют программируемые фотонные интегральные схемы с реконфигурируемыми структурами, позволяющие реализовать адаптивные линии задержки с динамическим управлением. Особого внимания заслуживают комбинированные решения, интегрирующие достижения SIW-технологии для создания компактных антенных модулей следующего поколения.

При проектировании гибридных диаграммообразующих устройств необходимо уделять особое внимание учету нелинейных эффектов в оптоволокне и обеспечению фазовой стабильности при изменении внешних условий эксплуатации. Решение этих задач требует разработки комплексных математических моделей, адекватно описывающих физические процессы в многоуровневых радиофотонных системах.

Обобщенная архитектура РФ ДОУ, иллюстрирующая концепцию применения технологий RoF и кремниевой фотоники, представлена на рис. 1.

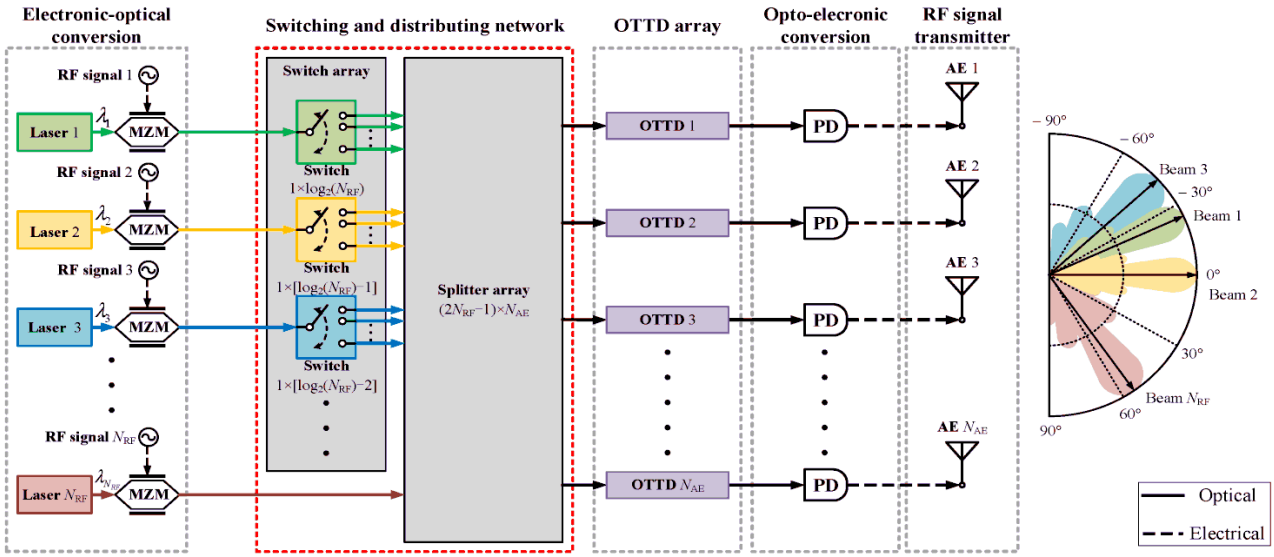


Рис. 1. Обобщенная архитектура РФ ДОУ

Результаты

Проведенный анализ свидетельствует о том, что последовательное применение технологий Radio-over-Fiber в сочетании с достижениями кремниевой фотоники позволяет эффективно преодолеть ключевые ограничения традиционных диаграммообразующих устройств. Разрабатываемые на этой основе архитектурные решения демонстрируют возможность достижения широкополосности до десятков ГГц при одновременном обеспечении высокой точности и стабильности формирования диаграмм направленности. Дополнительным преимуществом является существенное снижение массогабаритных показателей, которое оценивается в 2–3 раза по сравнению с волноводными аналогами, а также возможность создания программируемых и реконфигурируемых систем адаптивного управления.

Заключение

Дальнейшее развитие диаграммообразующих устройств для интеллектуальных антенных систем неразрывно связано с увеличением степени интеграции радиофотонных компонентов на основе кремниевых фотонных интегральных схем и последовательным совершенствованием гибридных архитектур. В качестве наиболее перспективных направлений научно-технического развития можно выделить разработку многофункциональных фотонных интегральных схем с интегрированными элементами управления, создание энергоэффективных диаграммообразующих устройств для бортовых радиотехнических систем, внедрение алгоритмов машинного обучения для оптимизации процессов диаграммообразования, а также развитие технологий производства фотонных интегральных схем на перспективных материалах, включая SiGe, GaN и Si_3N_4.

Практическая реализация указанных направлений позволит вывести интеллектуальные антенные системы на качественно новый уровень функционирования, обеспечив выполнение возрастающих требований современных и перспективных систем связи следующего поколения. Достижение поставленных целей потребует консолидации усилий научно-исследовательских коллективов и промышленных предприятий в рамках комплексных программ технологического развития.

Список литературы

1. Манько А.С., Головин В.В. Перспективы применения радиофотонной компонентной базы для построения интеллектуальных антенных систем // Современные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций. 2025. № 8.

2. Манько А.С., Головин В.В. Антенная решётка MIMO 4x4 для приложений 5G IoT // Современные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций. 2024. № 7. С. 114.

3. Ткаченко М.О., Головин В.В. Модель диаграммообразующего устройства на основе оптической матрицы Батлера // Современные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций. 2023. № 6. С. 115.

УДК 004.94

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ КАК ВАЖНЫЙ ЭЛЕМЕНТ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ

М.С. Молчанов, аспирант [1, a)]
[1] МФПУ «Синергия», Москва, Российская Федерация
E-mail: [a)] mmsmms18@mail.ru

Аннотация: рассматриваются проблемы моделирования современных компьютерных сетей и имеющиеся подходы (особенно – программное обеспечение) к их построению и оптимизации. Указаны их сильные стороны и существующие проблемы использования.
Ключевые слова: компьютерная сеть, оптимизация сети, оптимальность сети, моделирование и тестирование сети, сетевые симуляторы, сетевые эмуляторы.

MATHEMATICAL MODELING AND OPTIMIZATION OF COMPUTER NETWORKS AS AN IMPORTANT ELEMENT OF THE DIGITAL ECONOMY

M.S. Molchanov [1, a)]
[1] Moscow Financial and Industrial University "Synergy", Moscow, Russia
E-mail: [a)] mmsmms18@mail.ru

Abstract: This paper examines the challenges of modeling modern computer networks and existing approaches (especially software) to their construction and optimization. Their strengths and current difficulties of application are highlighted.
Keywords: computer network, network optimization, modelling and testing, network simulator, network emulator.

Введение

В настоящее время все используют сети – это общеизвестный факт. Трудно представить свою человеческую жизнедеятельность без ресурсов Интернет и электронной почты. Создание работающей сети технически несложно, но ключевой вопрос – её оптимальность, основным критерием тут является производительность, хотя показатели надежности и компьютерной безопасности тоже занимают одно из центральных мест.

Проблематика и предложения

Создать работающую сеть в настоящее время сравнительно несложно – достаточно купить сравнительно недорогие “поэтажные” коммутаторы в качестве оконечных сетевых устройств, соединить их с агрегирующими

коммутаторами по мере необходимости, и вывести эти агрегирующие на “ядро”, которое, в свою очередь, через хороший маршрутизатор выходит на провайдера Интернета. При проектировании также необходимо учитывать развертывание межсетевого экрана, выбор и прокладку линий связи (оптических или медных), а также базовую конфигурацию сетевых устройств: назначение IP-адресов, настройку VLAN и другие необходимые параметры. Практически любой сисадмин расскажет что-то подобное, если ему задать этот вопрос, и, самое интересное – почти наверняка после отладки аппаратных конфигураций, все будет работать. Однако остается открытым вопрос об оптимальности работы сети.

Оптимальность сети – важный критерий, который с минимальными затратами и сложностью позволяет удовлетворить текущие и прогнозируемые потребности бизнеса в производительности, надежности и безопасности. Особенно это становится актуально условиях, когда экономика становится все более цифровой, когда основная часть данных, как правило, находится не на личном компьютере использующего их человека, а “где-то в сети”, когда объем данных, с которыми происходит работа, может быть весьма велик, а значит и передаваться по сети они могут весьма различное время в зависимости от степени ее оптимизации, когда отсутствие доступа к данным (даже относительно кратковременное) может вести к многомиллионным потерям, и так далее. Поэтому “правильное” (удовлетворяющее поставленным критериям в плане производительности, надежности и безопасности) предварительное моделирование и тестирование показателей сети ДО ее практической реализации становится первостепенно важным. Тем более, что переделывать сеть ПОСЛЕ того, как она уже построена – занятие весьма трудоемкое.

В еще большей степени это относится к сетям учебно-научных организаций. Тут, как минимум, появляются еще две задачи – обучение (персонала, студентов и пользователей вообще) основным сетевым концепциям и правильной работе в сети, и научно-исследовательская работа сотрудников в плане отладки и тестирования новых сетевых топологий, протоколов (всем известные UDP, TCP и даже OSPF и BGP - только самые известные из очень многих) и в целом- подходов к ее построению. Часто надо учитывать географический разброс, и это уже не LAN, а WAN, к компьютерам могут добавляться не только смартфоны (которые сами по сути являются таковыми), но и многие другие устройства, имеющие сетевые интерфейсы.

Наибольшая достоверность результатов достигается при экспериментах на физическом оборудовании в условиях испытательного стенда или лаборатории. Сначала собирается и развертывается изолированный стенд с заданными характеристиками, и затем он тестируется без воздействия на продукционную сеть. Однако у данного подхода есть существенные ограничения, главное из которых – высокая ресурсоемкость: пространство для размещения инфраструктуры, квалифицированный персонал, продолжительные сроки и существенные финансовые вложения.

В настоящее время имеет место тот факт, что некоторое оборудование купить крайне сложно и логистика его доставки становится весьма запутанной. Во-вторых – количество поставщиков различного сетевого оборудования – велико, и даже если ограничиться только 4-5 наиболее известными производителями типа Cisco, Juniper, Huawei и Microtic – ассортимент весьма широк. Приобретение всего парка представляется не только непрактичным, но и финансово недостижимым, особенно в условиях ограниченного финансирования, характерного для большинства российских учебных и исследовательских учреждений, которые не имеют значительных средств для подобных закупок и экспериментов. Альтернативой может выступить аренда виртуальных сетевых ресурсов, которые провайдер разворачивает и сопоставляет (“мапирует”) на своей физической инфраструктуре в соответствии с заданными требованиями. Крупные западные проекты (GENI, StarBED, FABRIC, а также американские CloudLab и DETERLab.) сейчас практически недоступны для российских исследователей из-за геополитических и финансовых ограничений. В России существуют отечественные аналоги, хотя и более скромные по масштабам. К ним относятся проект Рутест [1] хорошо известный проект Yandex.Cloud [2] и ряд предложений фирмы Treatface [3].

Помимо финансовых и геополитических проблем есть и технико-технологические ограничения. Даже у крупного провайдера может не оказаться необходимого сетевого оборудования (например, коммутатора нужного уровня) или отсутствовать поддержка требуемых стандартов и протоколов обмена данными. В таком случае возможны два пути: полный отказ от экспериментов или использование метода «мапирования». Этот подход позволяет с приемлемой точностью эмулировать функционал требуемого устройства на аналогичном аппаратном обеспечении, которое уже имеется в парке провайдера услуг.

Следующей проблемой можно обозначить использование сетевых симуляторов. По определению Золотухина и Симоновой [4], симулятор – это часть программного обеспечения, которая имитирует топологию сети с помощью виртуальных устройств, которые не являются реальными устройствами и не могут передавать «живой» сетевой трафик. Главный недостаток – ограниченность функционала сетевых устройств в симуляторе командами и функциями, заранее запрограммированными в них. По этой причине многие дополнительные возможности, которые присутствуют на реальных сетевых устройствах, отсутствуют в имитируемых аналогах. Ключевым преимуществом симуляторов является их неприхотливость к ресурсам – программное обеспечение симулятора может работать практически на любом современном компьютере.

Таким образом, подобные системы не подходят для задач, требующих точных измерений и прогнозов поведения сети. Однако для образовательных целей, в частности для обучения студентов и аспирантов фундаментальным сетевым концепциям, они являются вполне эффективным инструментом. Неудивительно, что наиболее популярным пакетом в этой области в свое время

стал Cisco Packet Tracer (CPT), удобный интерфейс которого позволяет успешно подготовиться к официальным сертификационным экзаменам Cisco. Однако, ввиду ухода Cisco с российского рынка запуск CPT на компьютере стал проблематичным. Программа потребует авторизации через пользовательский логин на облачной платформе компании, доступ к которой на территории РФ ограничен. Выходом из положения видится неофициальная, модифицированная версия CPT с отключенной проверкой лицензии, позволяющая продолжить работу с симулятором.

Однако у CPT есть и другие существенные ограничения. Будучи симулятором, он ориентирован исключительно на оборудование Cisco, не поддерживая модели других производителей. Кроме того, его функционал жёстко завязан на подготовку к экзаменам, что ограничивает набор доступных технологий рамками экзаменационных программ. Среди альтернатив можно отметить и другие симуляторы: Ns-3, Omnet++, Opnet (ставший теперь частью Riverbed Platform). Но свои недостатки есть и у них: Omnet++ — это, скорее, для C++-программистов, Riverbed Platform отличается высокой стоимостью.

Поэтому основное внимание стоит уделить рассмотрению “промежуточного” решения – сетевые эмуляторы. Как отмечают Золотухин и Симонова, эмулятор – это часть программного обеспечения, которая работает и соединяет устройства виртуальной сети вместе. В отличие от симуляторов, они виртуализируют реальные сетевые устройства, которые предлагают более «продвинутый» функционал и поведение. Другими словами, эмулятор воссоздает модель компьютера или другого устройства и запускает внутри оригинальное программное обеспечение. Имитируются все ключевые компоненты устройства, в том числе процессор, память и устройства ввода/вывода. В случае с Cisco эмулятор создает модель маршрутизатора и запускает внутри реальную операционную систему Cisco IOS. Таким образом, можно получить полнофункциональный маршрутизатор.

Данный подход, безусловно, обеспечивает значительно более высокую точность по сравнению с программными симуляторами. Однако и он сопряжён с рядом сложностей. Помимо повышенных требований к вычислительным ресурсам, ключевой проблемой является необходимость использования образов (image-файлов) или их эквивалентов, которые детально описывают поведение эмулируемого сетевого оборудования. Эти образы доступны не для всех устройств, их трудно легально получить, и они часто являются платными. В результате практик сталкивается с уже знакомой дилеммой, вынуждающей искать обходные, часто нелегальные, пути.

Особе место в этом ряду занимает пакет GNS3, который занимает промежуточное положение между симулятором и эмулятором. Он представляет собой “обобщенные” устройства 2-го (коммутаторы) и 3-го (маршрутизаторы) уровня модели OSI, но позволяет, при наличии соответствующих файлов-образов, добавлять виртуальные копии реального оборудования различных фирм, как при эмуляции. Использование технологии виртуализации позволяет в основном изолировать тестируемую сеть от основной сети компьютера-хоста.

Настройка осуществляется как через достаточно простой и удобный GUI-интерфейс, так и с помощью командной строки, особенно в случае для тонкой настройки.

В рамках данного обзора стоит упомянуть популярные специализированные платформы, например, такие как Mininet (средство виртуализации сетей на базе Linux) и Miminet (онлайн-эмулятор для образовательных целей). После несложной регистрации последняя платформа предоставляет достаточно широкие возможности для прототипирования и проведения базовых сетевых экспериментов.

Заключение

Подводя итог, можно констатировать, что разработка и совершенствование средств сетевого моделирования – глобальный, динамичный и непрерывный процесс. Объективная потребность в таких технологиях для образования, тестирования и исследования остается высокой как в мире в целом, так и в России, несмотря на имеющиеся ограничения. В связи с этим поиск и адаптация доступных решений в текущих условиях остаются актуальными задачами.

Список литературы

1. Облачная лаборатория РУТЕСТ. URL: https://rutest.zone/services/cloudlab (дата обращения 20.11.2025).

2. YandexCloud. URL: https://yandex.cloud/ru?utm_referrer=https%3A%2F%2Fe.mail.ru%2F (дата обращения 20.11.2025).

3. Treatface. URL: http://treatface.ru/solutions/ (дата обращения 20.11.2025).

4. Золотухин М.С., Симонова Е.С. “Сетевые симуляторы и эмуляторы оборудования CISCO” 2020 г. – 5 с. URL: https://s.top-technologies.ru/pdf/2020/7/38134.pdf (дата обращения 20.11.2025).

УДК 621.39:004.725

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ КЛАСТЕРИЗАЦИИ РАЗНОРОДНЫХ СЕРВЕРОВ НА БАЗЕ WINDOWS SERVER

М.С. Поветкин, студент [1, a)]
[1] ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,
Севастополь, Российская Федерация
E-mail: [a)] maximnyn8@mail.ru

Научный руководитель: Е.А. Редькина, канд. техн. наук, доцент

Аннотация: В работе представлены результаты анализа технологий кластеризации как объединения нескольких физических или виртуальных серверов в один логический комплекс (кластер). Проведена настройка кластера на базе Windows Server 2022 и среде Microsoft Failover Cluster, рассмотрена технология Storage Space Direct. Анализируются возможности гетерогенной кластеризации серверов.
Ключевые слова: кластеризация, графический интерфейс, программное обеспечение.

STUDYING THE CLUSTERING POSSIBILITIES OF HETEROGENEOUS SERVERS BASED ON WINDOWS SERVER

M.S. Povetkin [1, a)]
[1] Sevastopol State University, Sevastopol, Russian Federation
E-mail: [a)] maximnyn8@mail.ru

Scientific supervisor: E.A. Redkina, Ph.D. Tech. Sciences, Associate Professor

Abstract: In the paper, the results of an analysis of clustering technologies as the combination of several physical or virtual servers into one logical complex (cluster) are presented. The configuration of a cluster based on Windows Server 2022 and the Microsoft Failover Cluster environment is carried out, and the Storage Space Direct technology is considered. The possibilities of heterogeneous clustering of servers are analyzed.
Keywords: clustering, graphical interface, software.

Введение

В работе поставлена задача определения границ возможностей кластеризации. Для этого разработан экспериментальный стенд, который позволит проверить, как на кластер скажется разница в аппаратной части персональных компьютеров (в качестве узлов экспериментального макета были

выбраны компьютер и ноутбук). В эксперименте также оценивается влияние разницы в типах кластеризуемых дисков (SSD и HDD).

Кластеризация серверов представляет собой технологию объединения нескольких физических или виртуальных серверов в один логический комплекс с целью повышения производительности, надежности и отказоустойчивости системы. Отказоустойчивая кластеризация — это мощная стратегия обеспечения высокой доступности и непрерывной работы в критически важных средах. Она включает в себя конфигурацию независимых компьютеров, известных как узлы, которые совместно работают для повышения доступности и масштабируемости приложений и служб, которые теперь называются кластеризованными ролями. Эти узлы взаимосвязаны как с помощью физического кабеля, так и программного обеспечения [1]. Особенностями данного программного обеспечения являются: интуитивно понятный графический интерфейс, поддерживает автоматическое переключение приложений, баз данных и виртуальных машин (см. рис. 1). Объединение дискового пространства нескольких серверов в один логический комплекс осуществляется через технологию Storage Space Direct (S2D) [2].

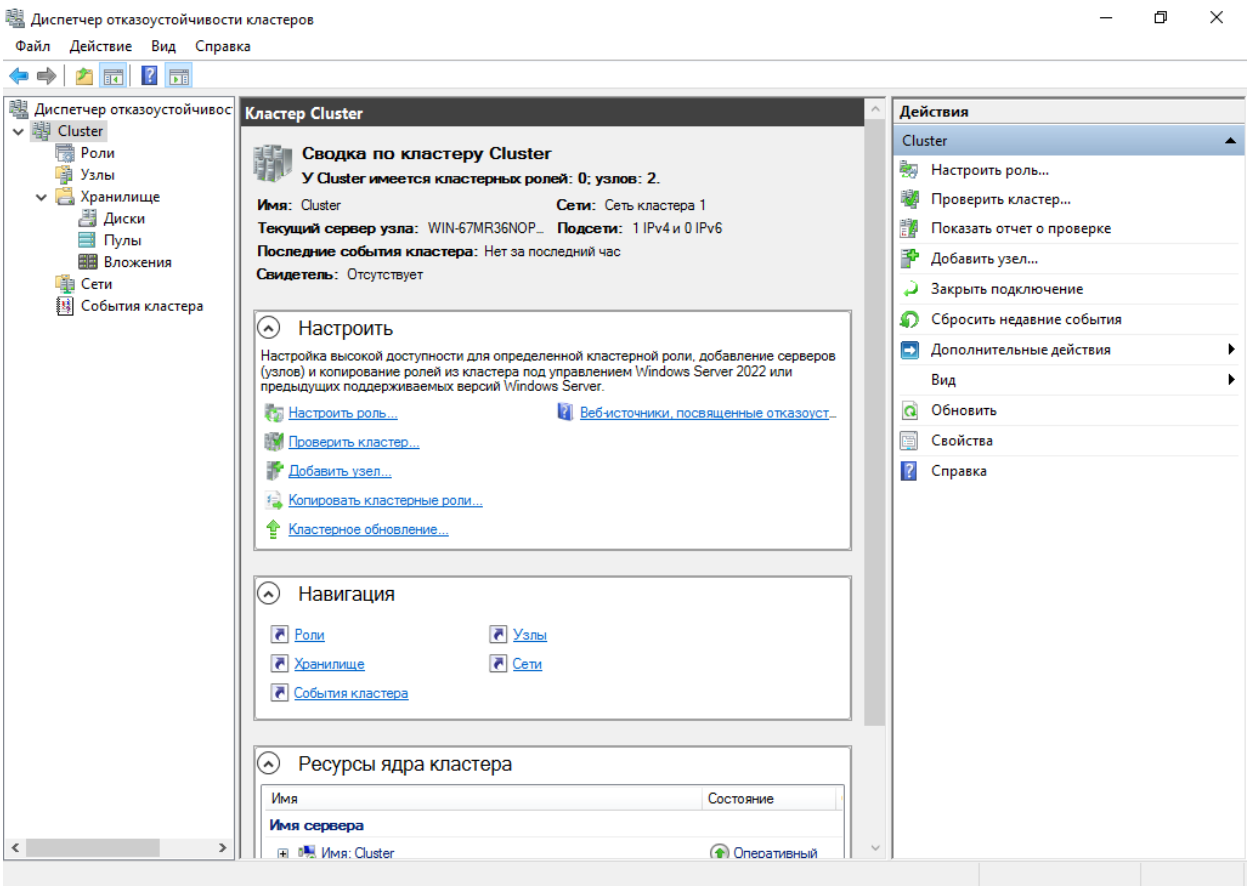


Рис. 1. Окно интерфейса Microsoft Failover Cluster

Методы

Перед началом работы с кластерами необходимо, чтобы на каждом узле была одинаковая версия операционной системы. Для работы на

экспериментальном стенде выбор пал на Windows Server 2022 Datacenter Edition, в базовый набор программного обеспечения при установке входит Microsoft Failover Cluster. Как только операционная система была установлена, узлы кластера объединяются в одну локальную сеть (это необходимо для осуществления кластеризации). После настройки и распределения ip-адресов устройствам, необходимо задать корректные роли узлам кластера (рис. 2).

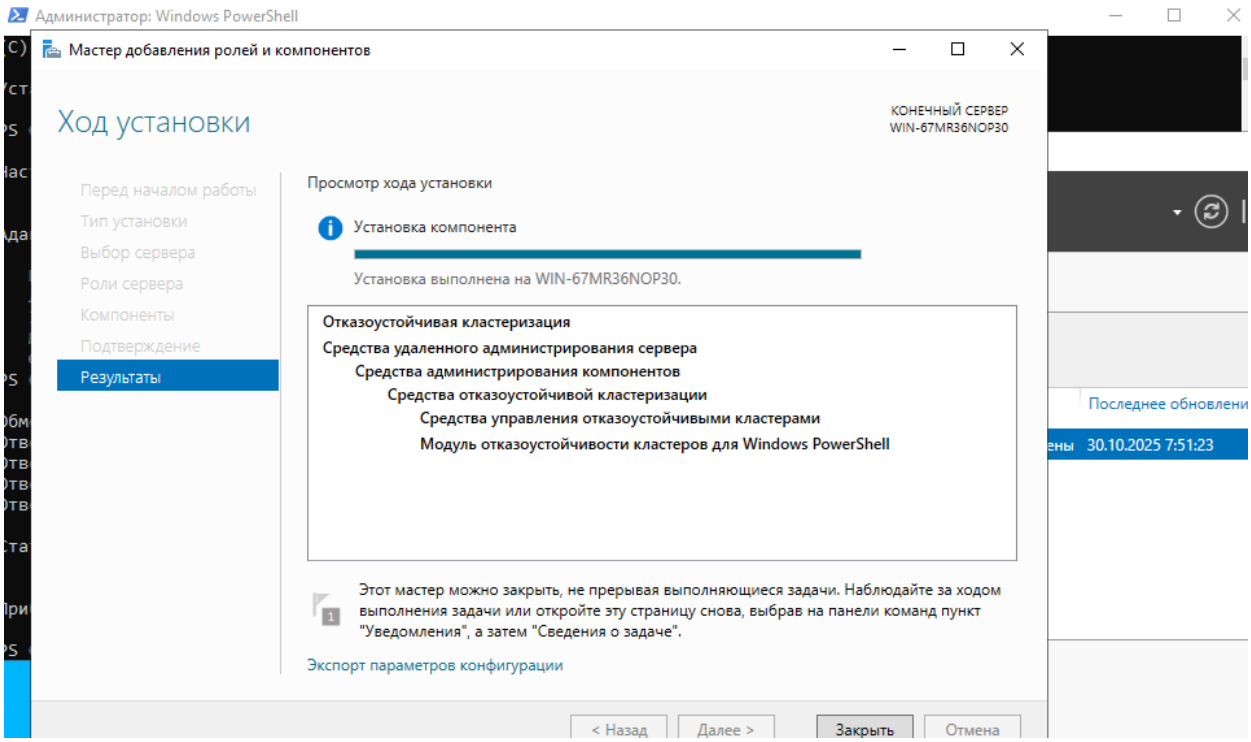


Рис. 2. Окно мастера добавления ролей и компонентов

Поскольку узлы кластера уже находятся в одной сети, после распределения ролей необходимо через интерфейс мастера создания кластера, по имени устройства добавить узел (рис. 3).

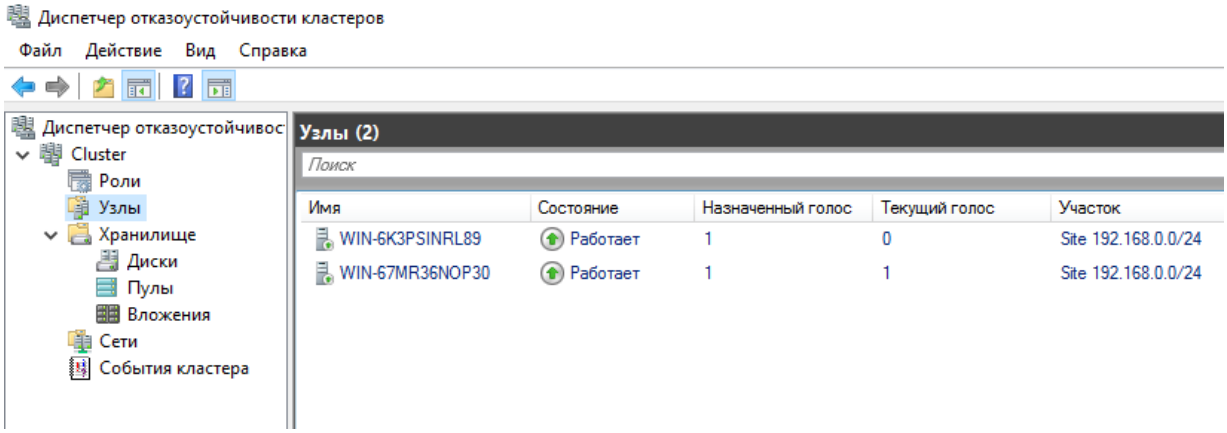


Рис. 3. Оба узла экспериментального стенда находятся в кластере

Результаты

По итогу реализации кластеризации было выявлено, что на программном уровне кластеризация возможно вне зависимости от требований к оборудованию, проблемы начинаются на этапе объединения дисков в пулы по технологии Storage Spaces Direct (S2D). Было выявлено, что технология поддерживает смешанные пулы дисков, это позволяет эффективно распределять задачи между ними. Необходимо использовать NVMe или SSD для кэш-слоя. Быстрые диски типа SSD в таком пуле будут служить для кэширования и данных с большей пропускной способностью (что ускоряет операции чтения и записи), а HDD для емкого хранения больших объемов данных. Такой подход в работе с данными выгоднее, по сравнению с кластерами других типов. На выходе имеется комбинация из высокой производительности при небольших затратах, гибкая система с возможностями масштабируемости, без необходимости ручного вмешательства пользователем.

Заключение

Исследована технология кластеризации на базе Microsoft Failover Cluster с использованием технологии Storage Spaces Direct (S2D). Проведена установка и настройка необходимого программного обеспечения. Все устройства экспериментального стенда удалось успешно кластеризовать. В рамках работы со стендом было выявлено, что кластеризовать дисковое пространство ноутбука возможно только в случае прямого подключения без HDD/SSD переходников. Использование такого метода крайне нежелательно в связи с тем, что использование ноутбука в качестве узла кластера хоть и возможно, но не имеет за собой никаких преимуществ, лишь ограничения. Разница в объеме дискового пространства компенсируется автоматическим распределением нагрузки с помощью программного обеспечения. В дальнейшем планируется подробнее разобрать принцип работы динамических пулов, объединяющих диски разных типов с последующим экспериментов на отказоустойчивость и производительность кластера.

Список литературы

1. Отказоустойчивая кластеризация в Windows Server и локальной среде Azure / Windows Server. – URL: https://learn.microsoft.com/ru-ru/windows-server/failover-clustering/failover-clustering-overview (дата обращения: 11.11.2025).

2. Создание отказоустойчивого кластера / Windows Server. — URL: https://learn.microsoft.com/ru-ru/windows-server/failover-clustering/create-failover-cluster?pivots=windows-admin-center (дата обращения: 11.11.2025).

УДК 004.94

НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ АНТЕННЫХ СИСТЕМ В СОСТАВЕ СОВРЕМЕННОГО БОРТОВОГО РАДИОЭЛЕКТРОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

А.А. Протько, студент 3-го курса [1, а)],
А.С. Манько, ассистент кафедры «Радиоэлектроника и телекоммуникации» [1, б)]
[1] ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,
Севастополь, Российская Федерация
E-mail: [а)] nameless0sword@gmail.com, [б)] sahamanko@mail.ru

Аннотация: В данной работе проведён анализ принципов построения фазированных антенных решёток, рассмотрены их конструктивные особенности и классификация основных типов. Также изучены ограничения функционирования современных радиолокационных станций на основе ФАР и представлены подходы, направленные на их преодоление и повышение эффективности работы таких систем.
Ключевые слова: Фазированные антенные решётки, электронное сканирование.

DIRECTIONS FOR THE DEVELOPMENT OF ANTENNA SYSTEMS AS PART OF MODERN ONBOARD RADIOELECTRONIC EQUIPMENT

A.A. Protko [1, a)], **A.S. Manko** [1, b)]
[1] Sevastopol State University, Sevastopol, Russia
E-mail: [a)] nameless0sword@gmail.com, [b)] sahamanko@mail.ru

Abstract: In this work, an analysis of the principles of phased array design is carried out, with consideration of their structural features and classification of the main types. The limitations of modern radar systems based on phased arrays are also examined, and approaches aimed at overcoming these limitations and improving the efficiency of such systems are presented.
Keywords: Phased array antennas, electronic scanning.

Введение

Фазированные антенные решётки (ФАР) широко применяются в составе корабельных систем обнаружения, наземных радиолокационных станций и специализированной военной техники. Их ключевые преимущества по сравнению с антеннами кругового и секторного обзора заключаются в отсутствии механических элементов, что повышает надёжность и снижает вероятность отказов, а также в более высокой эффективности, достигаемой

благодаря возможности оперативного изменения диаграммы направленности. Дополнительным достоинством является способность некоторых систем одновременно сканировать несколько направлений, что существенно увеличивает скорость обзора пространства и повышает точность обнаружения целей. В докладе представлены базовые сведения о принципах построения и функционирования ФАР, рассмотрены особенности их применения в современных радиолокационных комплексах, а также обозначены перспективы дальнейшего развития технологий РЛС на их основе.

Основная часть

Фазированные антенные решётки (ФАР) подразделяются на два основных типа, различающихся по принципу устройства: активные, где каждый излучатель имеет собственный источник, и пассивные, в которых используется один общий, достаточно мощный генератор. Пассивные ФАР применяются сравнительно редко, поскольку их надёжность ниже по сравнению с активными системами (АФАР), а также из-за дополнительных технических сложностей, связанных с эффективным охлаждением элементов. Главным отличием подобных решёток от стандартных радиолокационных станций, как отмечалось ранее, является возможность управлять направлением излучения посредством электрического сканирования. Оно реализуется благодаря интерференции волн, исходящих от каждого излучателя: при синфазном сложении сигнал усиливается, что повышает мощность итогового излучения. Ключевую роль в этом процессе играют фазовращатели, обеспечивающие точное смещение фаз и формирование требуемой диаграммы направленности.

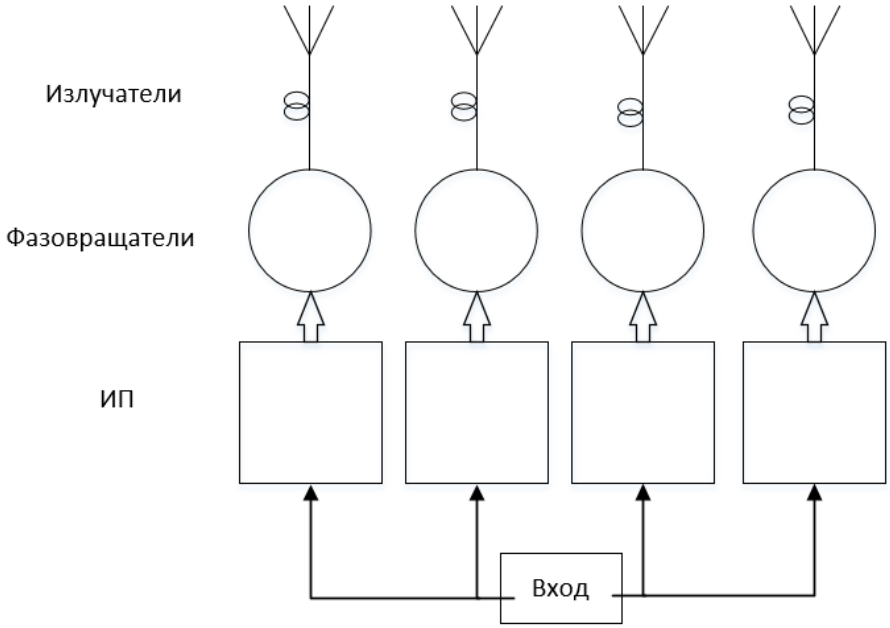


Рис. 1. Структурная схема АФАР

Антенная решётка характеризуется рядом ключевых параметров, определяющих её функциональные возможности: диаграмма направленности

(включая такие показатели, как ширина основного лепестка и коэффициент направленного действия), количество излучателей, угол обзора, диапазон рабочих частот, а также геометрические размеры конструкции. Каждый из этих факторов оказывает прямое влияние на тактико-технические характеристики всей радиолокационной станции, определяя её эффективность и область применения.

Особого внимания заслуживает особый тип фазированных антенных решёток – многолучевые системы. Это сравнительно новые разработки, которые благодаря большому числу излучателей и сложным средствам управления позволяют изменять диаграмму направленности таким образом, что формируется несколько независимых лучей одновременно. Подобные решётки отличаются высокой технологической сложностью и значительной стоимостью производства, поэтому их установка целесообразна преимущественно на крупных кораблях и стационарных объектах, где требуется максимальная производительность и надёжность.

Для радиолокационных станций важнейшими параметрами остаются разрешение, габариты и дальность работы. Сегодня часть этих проблем решается благодаря развитию интегральных микросхем, которые применяются в качестве фазовращателей [1]. Их использование позволяет повысить уровень интеграции, сократить количество отдельных элементов и заметно облегчить конструкцию. Кроме того, такие микросхемы отличаются высокой устойчивостью к большим напряжениям, что особенно важно при дальнейшем увеличении мощности и характеристик РЛС. Дополнительным шагом к компактности является замена волноводов на оптоволоконные кабели. Это решение имеет несколько преимуществ: оно обеспечивает лучшую защиту от помех, повышает электромагнитную совместимость и создаёт условия для расширения рабочей полосы частот. Расширение полосы, в свою очередь, вместе с доработкой параметров излучателей, позволяет повысить разрешение, улучшить устойчивость к помехам и увеличить вероятность обнаружения отдельных объектов. Особенно полезным это становится при работе многолучевых фазированных антенных решёток, где требуется высокая точность и надёжность.

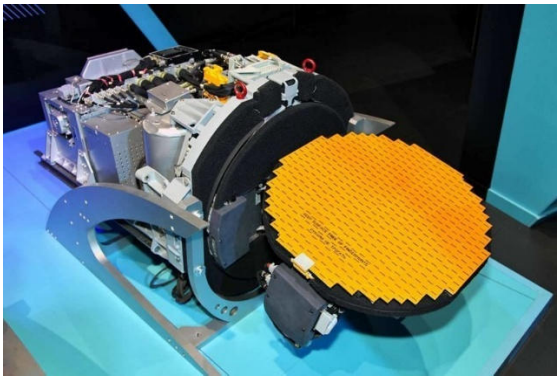


Рис. 2. Современная радиофотонная ФАР

Заключение

В процессе изучения были рассмотрены существующие ограничения, влияющие на работу современных бортовых радиолокационных станций. Особое внимание уделено ключевым параметрам — дальности действия, разрешающей способности и габаритам аппаратуры, которые в значительной степени определяют эффективность применения таких систем. На основе выявленных проблем обозначены основные направления дальнейшего развития, а также предложены технологические решения, способные преодолеть существующие барьеры. Среди них — совершенствование элементной базы, внедрение новых методов обработки сигналов и использование более компактных конструктивных решений. Всё это в совокупности должно обеспечить повышение эксплуатационных характеристик РЛС и расширить их возможности в реальных условиях применения.

Список литературы

1. Бенсон К. Управление фазированными антенными решётками с помощью инновационных микросхем / К. Бенсон, — Москва : СВЧ Электроника, 2021. – С. 54-58.

УДК 654.165

КАНАЛЬНОЕ КОДИРОВАНИЕ ДЛЯ СИСТЕМЫ МОБИЛЬНОЙ РАДИОСВЯЗИ СЛЕДУЮЩЕГО ПОКОЛЕНИЯ

А.А. Савочкин, канд. техн. наук, доцент [1, а)],
Р.Р. Гаспарян студент [1, б)],
Д.С. Ложкин студент [1],
А.В. Хохлова студент [1],
Н.А. Симионенко студент [1]
[1] ФГБОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,
Севастополь, Российская Федерация
E-mail: [а)] aasavochkin@sevsu.ru, [б)] rrgasparyan@sevsu.ru

Аннотация: В статье рассмотрена эволюция методов канального кодирования в стандартах мобильной связи от второго поколения (2G) до пятого поколения (5G) и перспективы их развития для шестого поколения (6G). Описаны ключевые методы кодирования в 5G, включая коды с малой плотностью проверок на четность (LDPC), полярные коды и сверточные коды с кольцевым завершением (TBCC), с анализом их преимуществ и недостатков. Выделены актуальные вызовы для 6G, такие как обеспечение сверхвысокой надежности, сверхнизкой задержки и эффективности для коротких пакетов данных.

Предложены перспективные направления: гибридные каскадные схемы на основе LDPC и полярных кодов, а также нейросетевые методы декодирования.
Ключевые слова: канальное кодирование, мобильная связь, 5G, 6G, коды с малой плотностью проверок на четность, LDPC, полярные коды, турбокоды, нейросетевые декодеры.

CHANNEL CODING FOR NEXT-GENERATION MOBILE RADIO SYSTEMS

A.A. Savochkin [1, а)], **R.R. Gasparyan** [1, б)], **D.S. Lozhkin** [1],
A.V. Hohlova [1], **N.A. Simionenko** [1]
[1] Sevastopol State University, Sevastopol, Russia
E-mail: [а)] aasavochkin@sevsu.ru, [б)] rrgasparyan@sevsu.ru

Abstract: This article examines the evolution of channel coding methods in mobile communication standards from the second generation (2G) to the fifth generation (5G) and prospects for their development in the sixth generation (6G). The key coding methods in 5G are described, including low-density parity-check codes (LDPC codes), polar codes, and tail-biting convolutional codes (TBCC), along with an analysis of their advantages and disadvantages. Current challenges for 6G are highlighted, such as achieving ultra-high reliability, ultra-low latency, and efficiency for short data packets. Promising directions are proposed: hybrid cascaded schemes based on LDPC and polar codes, as well as neural network-based decoding methods.
Keywords: channel coding, mobile communications, 5G, 6G, low-density parity-check codes, LDPC, polar codes, turbo codes, neural network decoders.

Введение

Канальное кодирование представляет собой фундаментальный механизм обеспечения надежной передачи данных через каналы связи, подверженные помехам, посредством введения контролируемой избыточности в передаваемую информацию. Математической основой данного подхода служит теорема Шеннона, определяющая предел максимальной скорости безошибочной передачи: $C = B * \log_2(1 + S/N)$, где B обозначает полосу пропускания канала, а S/N — отношение мощности сигнала к мощности шума.

Эволюция методов канального кодирования в стандартах мобильной связи отражает прогресс в приближении к теоретическим пределам производительности [1]. В системах второго (2G), третьего (3G) и четвертого (4G) поколений преимущественно применялись сверточные коды (Convolutional Codes) и турбокоды (Turbo Codes). Турбокоды ознаменовали значительный прорыв, позволивший достичь характеристик, близких к пределу Шеннона. В стандарте пятого поколения (5G New Radio, NR) произошел переход к новым методам: для каналов передачи данных в сценарии расширенной мобильной широкополосной связи (enhanced Mobile Broadband, eMBB) используются коды с малой плотностью проверок на четность (Low-Density Parity-Check codes,

LDPC), в то время как для каналов управления — полярные коды (Polar Codes) [1].

Необходимость смены методов кодирования в 5G обусловлена потребностью в балансе между производительностью, сложностью реализации и адаптивностью к разнообразным сценариям применения, включая eMBB, массовую связь машинного типа (massive Machine Type Communications, mMTC) и сверхнадежную связь с низкой задержкой (Ultra-Reliable Low-Latency Communication, URLLC). LDPC-коды и полярные коды обеспечивают повышенную пропускную способность, минимизированную задержку и энергоэффективность при обработке больших блоков данных [1].

Методы

Коды LDPC применяются в каналах пользовательской плоскости (User Plane) для сценария eMBB. Их принцип функционирования основан на использовании разреженной матрицы проверок на четность, представленной в форме двудольного графа (Tanner Graph). Декодирование осуществляется с помощью итеративных алгоритмов, таких как алгоритм распространения веры (Belief Propagation). Среди преимуществ следует отметить высокую производительность при больших длинах блоков, приближение к пределу Шеннона в канале с аддитивным белым гауссовым шумом (Additive White Gaussian Noise, AWGN), а также возможность высокой степени параллелизации в декодере. К недостаткам относится эффект провала (error floor) при обработке коротких блоков [1].

Полярные коды используются в каналах плоскости управления (Control Plane) для сценария eMBB. Эти коды являются теоретически оптимальными и опираются на феномен поляризации канала: N независимых копий исходного канала преобразуются в K полностью надежных и (N-K) полностью ненадежных виртуальных каналов, по которым передается информационная часть. Преимущества включают асимптотическую оптимальность и детерминированное построение кода. Недостатки проявляются в повышенной сложности декодирования, особенно при использовании алгоритма последовательной отмены со списком (Successive Cancellation List, SCL) для больших размеров списков [1].

Сверточные коды с кольцевым завершением (Tail-Biting Convolutional Codes, TBCC) находят применение в 5G для каналов управления с короткими блоками, где их производительность и низкая вычислительная сложность (основанная на алгоритме Витерби) оказываются предпочтительными [1].

Актуальные проблемы и вызовы для канального кодирования в 6G:

1) Обеспечение сверхвысокой надежности. Требуемый уровень вероятности ошибки блока (Block Error Rate, BLER) составляет 10^{-7} — 10^{-9} (для сравнения, в 5G для сценария URLLC данный показатель равен примерно 10^{-5}). Это налагает экстремальные требования на корректирующую способность кодов [2–4].

2) Сверхнизкая задержка в сценарии URLLC. Задержка должна не превышать 1 мс. Итеративные алгоритмы декодирования (например, для LDPC или турбокодов) могут не соответствовать таким строгим временным ограничениям [2, 3, 5].

3) Обработка коротких пакетов. В сценариях mMTC и интернета вещей (Internet of Things, IoT) преобладают короткие служебные пакеты, для которых эффективность LDPC и полярных кодов снижается [2, 4, 5].

4) Энергоэффективность. Алгоритмы декодирования должны быть оптимизированы по энергопотреблению, особенно для устройств с автономным питанием [2, 3].

5) Адаптивность и универсальность. Системы 6G предполагают функционирование в разнородных условиях: от терагерцовых частот до подводной акустической связи, что требует гибкости схем кодирования [2–5].

Результаты

Одно из предлагаемых направлений — гибридные схемы на основе LDPC и полярных кодов. Предлагается использование каскадных конструкций, таких как «полярный код + внешний код Бозе-Чаудхури-Хоквенгема (Bose-Chaudhuri-Hocquenghem code, BCH-код)». В такой схеме полярный код обеспечивает первичную коррекцию ошибок, в то время как внешний BCH-код устраняет остаточные искажения [4, 5].

Принципиальная схема обработки предполагает последовательное декодирование: полярный код выполняет грубую коррекцию, а внешний BCH-декодер, представляющий собой неитерационный алгебраический декодер, гарантирует детерминированную и минимальную задержку, что критически важно для удовлетворения требований 6G по временным параметрам. Ключевое преимущество заключается в предсказуемости времени декодирования по сравнению с итеративными декодерами LDPC, где сходимость не всегда строго определена [4, 5].

Следующее из предлагаемых направлений — нейросетевые методы в декодировании. Актуальность данного подхода для 6G обусловлена потенциалом снижения задержки и повышения адаптивности к сложным, нестационарным моделям каналов (например, в терагерцовом диапазоне) [4, 5].

Концепция предполагает замену или дополнение традиционных итеративных алгоритмов (Belief Propagation, Viterbi, SCL) предобученными нейронными сетями (Neural Networks, NN) прямого распространения. Архитектура сети может быть полносвязной (Fully Connected Neural Network) или сверточной (Convolutional Neural Network), с входными данными в виде логарифмических отношений правдоподобия (Log-Likelihood Ratios, LLR) от демодулятора и выходом в форме оценок информационных битов [4, 5].

Обучение сети проводится на обширных наборах данных, генерируемых для конкретной кодовой конструкции и модели канала (AWGN, fading-каналы). Функция потерь ориентирована на минимизацию вероятности ошибки бита (Bit Error Rate, BER или Block Error Rate, BLER). Ключевые преимущества

включают сокращение задержки, повышенную адаптивность и возможность гибридных реализаций [4, 5].

Заключение

Эволюция канального кодирования от 4G к 5G продемонстрировала переход к теоретически более оптимальным схемам, таким как LDPC- и полярные коды [1]. Для 6G основными вызовами выступают обеспечение сверхнадежности, сверхнизкой задержки и эффективности при обработке коротких пакетов [2, 3, 4, 5]. В качестве перспективных решений предлагаются:

1) гибридные каскадные схемы (полярный/BCH, LDPC/BCH) для подавления эффекта провала;
2) нейросетевые декодеры для минимизации задержки и адаптации;
3) исследование новых классов кодов [4, 5].

Список литературы

1. Xu J., Yuan Y. Channel Coding in 5G New Radio. CRC Press, 2022. 330 p.

2. Tong W., Zhu P., Eds., 6G : The Next Horizon : From Connected People and Things to Connected Intelligence. Cambridge University Press, 2021. 490 p.

3. Zhang Z. [et al.]. 6G wireless networks : Vision, requirements, architecture, and key technologies // IEEE Vehicular Technology Magazine. 2019. Vol. 14, no. 3, pp. 28–41.

4. Покаместов Д.А. [и др.]. Системы связи 6G : концепция, тренды, технологии физического уровня // Радиотехника и электроника. 2024. Т. 69, № 1. С. 3—33.

5. Lin X., Zhang J., Liu Y., Kim J., Fundamentals of 6G Communications and Networking (Signals and Communication Technology). CRC Press, 2024. 773 p.

УДК 519.6

БЛИЗКИЙ К ОПТИМАЛЬНОМУ АЛГОРИТМ ПОКРЫТИЯ ТРЁХМЕРНЫХ БИНАРНЫХ ФИГУР

М.А. Дурманов, канд. техн. наук [1, а)],
В.А. Салтановский, студент 2-го курса магистратуры [1, б)]
[1] ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,
Севастополь, Российская Федерация
E-mail: [а)] madurmanov@sevsu.ru, [б)] netallw@mail.ru

Аннотация: Рассматривается задача покрытия трёхмерных бинарных фигур. Разработан близкий к оптимальному алгоритм покрытия трёхмерных бинарных фигур. Проводится сравнение разработанного алгоритма с дельта-методом и с

близким к оптимальному алгоритмом декомпозиции трёхмерных бинарных фигур.

Ключевые слова: трёхмерная бинарная фигура, воксели, задача покрытия, прямоугольные блоки, субоптимальный алгоритм.

CLOSE-TO-OPTIMAL ALGORITHM FOR RECTANGULAR COVER OF 3D SHAPES

M.A. Durmanov [1, a)], **V.A. Saltanovsky** [1, b)]
[1] Sevastopol State University, Sevastopol, Russia
E-mail: [a)] madurmanov@sevsu.ru, [б)] netallw@mail.ru

Abstract: The problem of rectangular cover of 3d binary shapes is considered. Close-to-optimal algorithms for covering 3D shapes have been developed. It's performance has been compared with the state of art Delta algorithm, and close-to-optimal algorithm for rectangular decomposition.

Keywords: 3D binary object, voxels, cover, rectangular blocks, sub-optimal algorithm.

Введение

Задача покрытия ортогональных многогранников произольной размерности прямоугольными блоками является одной из основных в области вычислительной геометрии, и находит применение в сжатии изображений и данных, моделировании распространения звука, алгоритмах компьютерного зрения, и других областях [1]. В общем случае это NP-трудная задача, и актуальна разработка алгоритмов, обеспечивающих решение за полиномиальное время.

Ортогональный многогранник произвольной размерности, все вершины которого расположены на единичной сетке, называется бинарной фигурой.

В настоящий момент для задачи покрытия трёхмерных бинарных фигур отсутствует алгоритм близкий к оптимальному, в основном применяется алгоритм Францблау (он же алгоритм Кумара-Рамеша) [2]. В случае, где пересечения недопустимы, используется обобщённый дельта-метод [3]. Выполнение упомянутых алгоритмов продемонстрировано на двумерном случае на рис. 1.

Применение данных алгоритмов предпочтительно из скорости их выполнения, но не из их близости к оптимальности. Поиск оптимального покрытия достигается за счёт сведения задачи покрытия бинарной фигуры к задаче покрытия множества — задача, известная своей NP-сложностью и отсутствием более оптимального подхода к решению, чем жадный алгоритм [4]. То есть, для поиска достаточно близкого к оптимальному решения находится множество всех возможных прямоугольных блоков внутри бинарной фигуры, затем проверяются все их комбинации — решением будет комбинация,

покрывшая бинарную фигуру наименьшим количеством блоков. Такой подход может быть оптимизирован, однако это не полиномиальный алгоритм, и во многих случаях такое повышение сложности неоправдано.

Таким образом, актуальна разработка алгоритма, являющимся промежуточным между скоростью выполнения алгоритма Францблау и оптимальностью решения задачи покрытия множества перебором всех возможных прямоугольных блоков.

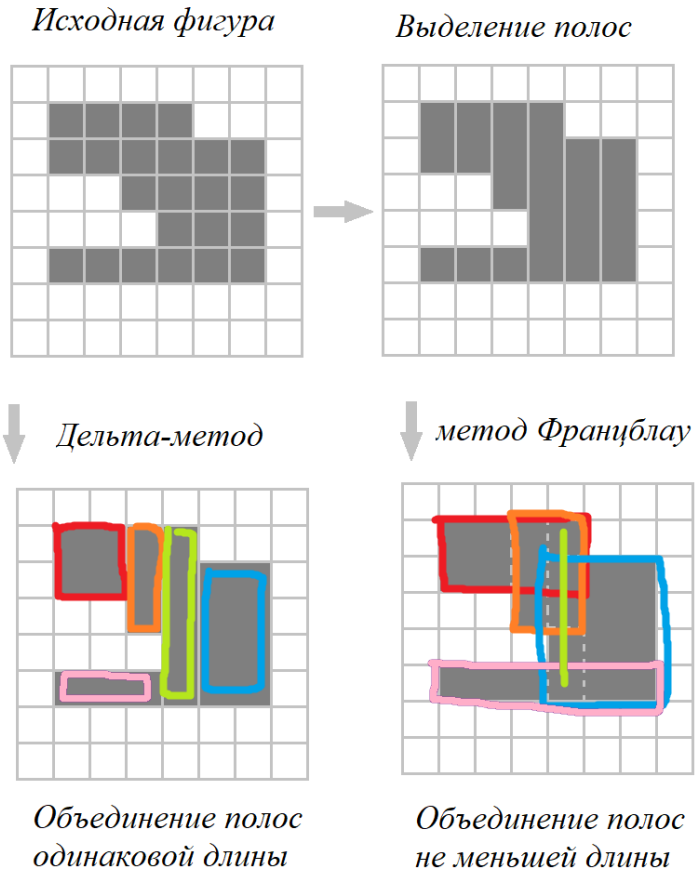


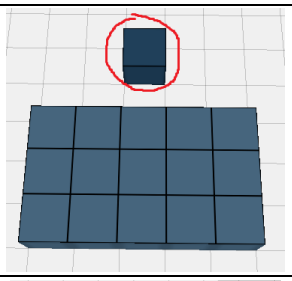
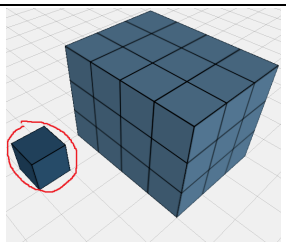
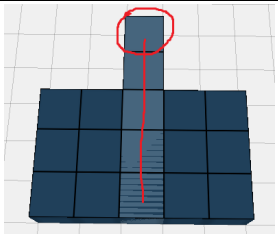
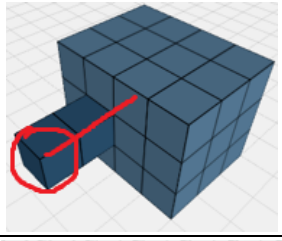
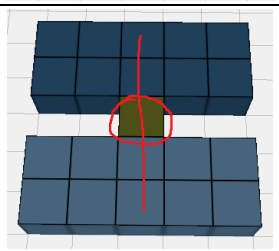
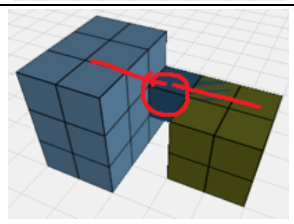
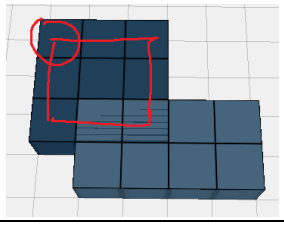
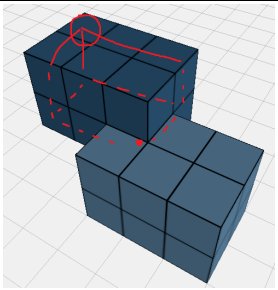
Рис. 1. Демонстрация выполнения алгоритма декомпозиции (слева) и алгоритма покрытия (справа) на двумерной бинарной фигуре

Методы

Для решения задачи покрытия трёхмерной бинарной фигуры предлагается подход, заключающийся в итеративном внесении «необходимых» максимальных прямоугольных блоков и упрощении фигуры для дальнейшего поиска.

В трёхмерном случае для каждого вокселя существует шесть максимальных прямоугольных блоков, получаемых расстяжением вокселя по трём осям в разном порядке. Вычисление шести прямоугольных блоков для каждого вокселя затратно, поэтому вводятся «тривиальные» случаи (табл. 1).

Таблица 1. Случаи для тривиального внесения прямоугольных блоков во множество покрывающих блоков

Название	Вид 2Д	Вид 3Д	Особенность порождающего вокселя	Особенность максимального блока
Точка			Отсутствуют соседние воксели	Размер максимального блока 1×1×1
Тупик			У вокселя только один соседний воксель	Размер максимального блока 1×1×N, растёт в одну сторону
Тоннель			У вокселя строго два соседних вокселя на одной оси	Размер максимального блока 1×1×N, растёт в две стороны
Ухо			У вокселя два или три соседа на ортогональных осях	Для углов иметь необходимый прямоугольный блок более вероятно

Прямоугольный блок не удаляет область, а отмечает каждый воксель внутри неё как покрытый — это позволяет пересечение блоков. Поскольку покрытие это NP-задача, неизбежно существование фигур, на которых выделить следующий блок невозможно (рис. 2).

Для сохранения оптимальности используется особый подход к обработке покрытия (табл. 2), устраняющий только воксели, более не влияющие на решение. Если таких нет, возможность дальнейшего решения гарантируется удалением покрытых вокселей.

Произведено сравнение покрытия и декомпозиции на случайной бинарной фигуре размером 8×8×8 (табл. 3).

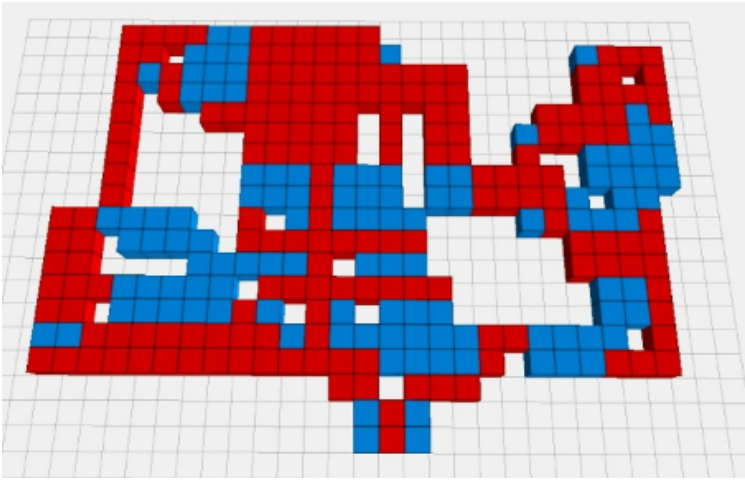


Рис. 2. Частично покрытая промежуточная фигура (покрытие отмечено красным), на которой невозможно выделить следующий необходимый блок

Таблица 2. Оптимальная обработка покрытых вокселей

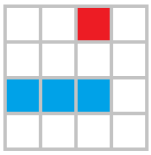
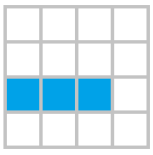
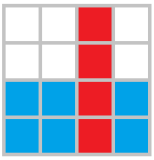
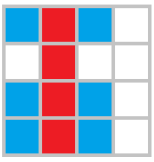
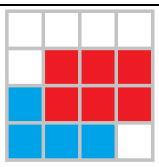
Название	Вид до	Вид после	Пояснение оптимальности
Изолировано			Полностью покрытая область, изолированная от непокрытой фигуры, не влияет на дальнейшее решение
Тупик			Уже покрытая тупиковая ветвь не участвует в дальнейшем решении, но может препятствовать упрощению фигуры
Тоннель			Если покрытый тоннельный воксель не может соединить два непокрытых, то его присутствие в фигуре лишнее
Краевое сечение			Полностью покрытые краевые сечения не помогают в дальнейшем решении, и могут быть удалены для дальнейшего упрощения фигуры

Таблица 3. Сравнение алгоритмов в количестве прямоугольных блоков

Плотность заполнения	Кол-во отн. декомп., %	Кол-во отн. дельта-метода, %	Примечание
30%	99,5	95,9	Воксели едва ли соседствуют
40%	95,9	90,6	
50%	92,9	86,6	
60%	89,1	82,7	
70%	83,5	77,7	Покрытие справляется лучше всего
80%	89,9	78,4	
90%	94,1	84,3	Алгоритм покрытия иногда справляется хуже, чем алгоритм декомпозиции
95%	91,6	80,3	

Результаты

Показано, что разработанный алгоритм покрытия, в сравнении с алгоритмами декомпозиции, обеспечивает при благоприятной геометрии уменьшение в количестве прямоугольных блоков в среднем на 20%.

Заключение

Исследована эффективность применения разработанного и программно реализованного алгоритма покрытия трёхмерных бинарных фигур на примере покрытия случайной бинарной фигуры 8×8×8.

Список литературы

1. Pitkäkangas V. Rectangular partition for n-dimensional images with arbitrarily shaped rectilinear objects. // Heliyon, 2024 — V. 10, — P. 16—41.

2. Franklin P., Optimal Rectangle Covers for Convex Rectilinear Polygons : Thesis Submitted in Partial Fulfillment of The Requirements for the Degree of Master of Science / Franklin P. ; supervisors: Bhattacharya B. ; Simon Fraser University. — B.Sc., Simon Fraser University, 1984 — 134 sh. — Available at: https://summit.sfu.ca/_flysystem/fedora/sfu_migrate/5922/b15304656.pdf (accessed 29.11.2025).

3. Cyril Holschl IV, Jan Flusser. Close-to-optimal algorithm for rectangular decomposition of 3D shapes. // Kybernetika, 2019 — V. 55, — №5, — P. 755-781.

4. Kathrin Hanauer, Martin P. Seybold, Julian Unterweger. Covering rectilinear polygon with area-weighted rectangles. // SIAM Symposium on Algorithm Engineering and Experiments (ALENEX24), 2024 — Available at: https://eprints.cs.univie.ac.at/7923/1/Covering_Rectilinear_Polygons.pdf (accessed 29.11.2025).

УДК 621.396.677.3:621.373.8

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ РАБОЧИХ ИМПЕДАНСОВ УСИЛИТЕЛЕЙ СВЧ-ДИАПАЗОНА

А.В. Трушкина, студент 4-го курса [1, а)]
А.С. Манько, ассистент кафедры «Радиоэлектроника и телекоммуникации» [1, б)]
[1] ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,
Севастополь, Российская Федерация
E-mail: [а)] subridenssum@mail.ru, [б)] sahamanko@mail.ru

Аннотация: В работе рассматривается методика многопараметрического моделирования для определения оптимальных рабочих импедансов усилителей СВЧ-диапазона. Представлен комплексный подход к экспериментальному

исследованию влияния импедансных условий на энергетические и шумовые характеристики усилительных каскадов. Разработанная методика позволяет устанавливать компромиссные значения импедансов, обеспечивающие достижение заданных показателей эффективности усилительных устройств в условиях многокритериальной оптимизации.
Ключевые слова: СВЧ усилители, многопараметрическое моделирование, рабочие импедансы, оптимизация характеристик, экспериментальные исследования.

MULTI-PARAMETER MODELING USAGE FOR DETERMINING OPTIMAL OPERATIONAL IMPEDANCES OF MICROWAVE AMPLIFIERS

A.V. Trushkina [1, a)], **A.S. Manko** [1, b)]
[1] Sevastopol State University, Sevastopol, Russian Federation
E-mail: [a)] subridenssum@mail.ru, [б)] sahamanko@mail.ru

Abstract: The paper discusses the methodology of multi-parameter modeling for determining optimal operational impedances of microwave amplifiers. A comprehensive approach to experimental investigation of impedance conditions influence on energy and noise characteristics of amplifier stages is presented. The developed methodology allows establishing compromise impedance values that ensure achievement of specified efficiency indicators of amplifying devices under multi-criteria optimization conditions.
Keywords: microwave amplifiers, multi-parameter modeling, operational impedances, characteristics optimization, experimental research.

Введение

Современные системы радиосвязи и радиолокации предъявляют повышенные требования к энергетической эффективности и шумовым параметрам усилителей СВЧ-диапазона. Традиционные подходы к проектированию усилительных каскадов, основанные на принципах комплексно-сопряжённого согласования, демонстрируют ограниченную эффективность при работе активных элементов в нелинейном режиме. В условиях, когда спектр усиливаемого сигнала обогащается гармоническими составляющими, возникает необходимость в разработке более совершенных методик определения оптимальных рабочих импедансов [1].

Особую актуальность приобретают методы многопараметрического моделирования, позволяющие осуществлять комплексную оптимизацию усилительных характеристик с учётом взаимного влияния различных параметров. Данное исследование посвящено разработке методики экспериментального определения оптимальных импедансных условий,

обеспечивающих достижение заданных показателей эффективности СВЧ усилителей.

Основная часть

Классические положения теории согласования линейных четырёхполюсников оказываются недостаточно эффективными при проектировании усилителей СВЧ-диапазона, работающих в условиях существенной нелинейности характеристик активных элементов [2, 3]. В таких условиях происходит значительное перераспределение энергии усиливаемого сигнала между основной частотой и высшими гармониками, что требует учёта импедансных условий на всех значимых спектральных составляющих.

Предлагаемая методика многопараметрического моделирования основывается на системном экспериментальном исследовании влияния импедансных условий на ключевые характеристики усилительных каскадов. Сущность методики заключается в последовательном варьировании импедансов нагрузки и источника сигнала с одновременной регистрацией множества энергетических и шумовых параметров усилителя. Получаемые в результате экспериментальные данные позволяют построить многомерные зависимости, характеризующие влияние импедансных условий на рабочие характеристики усилительного устройства.

Важным аспектом предлагаемой методики является возможность визуализации результатов экспериментального исследования посредством построения контурных графиков на диаграмме Вольперта-Смита (рис. 1). Данные графики отображают изолинии постоянных значений оптимизируемых параметров, таких как выходная мощность, коэффициент полезного действия и коэффициент шума. Анализ взаимного расположения этих изолиний позволяет идентифицировать области импедансных значений, обеспечивающие оптимальные компромиссы между различными характеристиками усилителя.

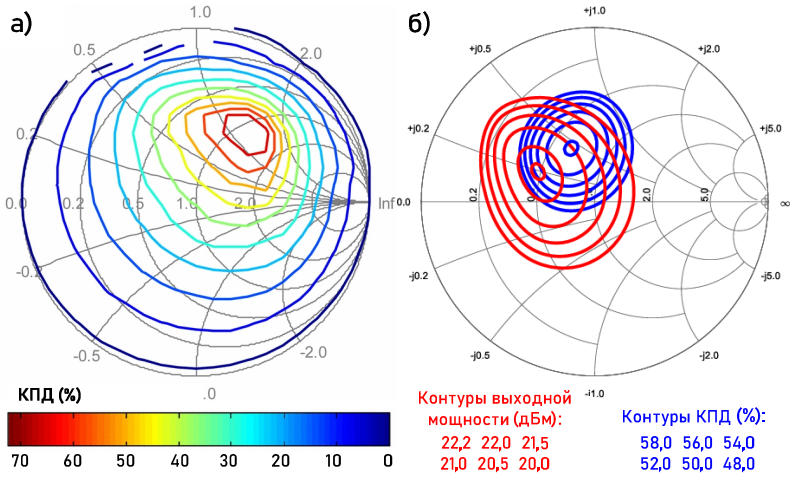


Рис. 1. Контурные кривые результатов измерений на диаграмме Вольперта — Смита

Особое значение имеет учет гармонического состава усиливаемого сигнала при определении оптимальных импедансных условий. Экспериментальные исследования демонстрируют, что максимальная энергетическая эффективность

усилительных каскадов достигается при обеспечении специфических условий согласования для высших гармоник, что принципиально отличает предлагаемую методику от традиционных подходов к проектированию усилителей.

Данная методика находит практическую реализацию в современных системах автоматизированного проектирования СВЧ-устройств, где она интегрирована в виде специализированных модулей многопараметрического анализа. Использование точных нелинейных моделей активных элементов в сочетании с предложенной методикой позволяет существенно сократить временные затраты на проектирование и оптимизацию усилительных каскадов.

На рис. 2 показан пример апробации методики в САПР Microwave Office.

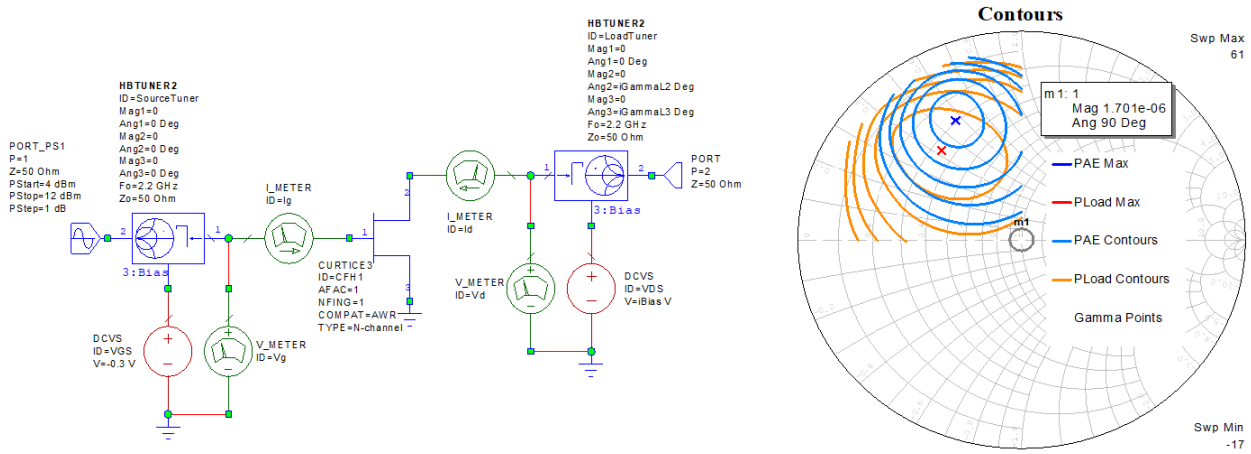


Рис. 2. Схема и результаты измерений в САПР Microwave Office

Результаты

Апробация предложенной методики в современных САПР многопараметрического моделирования продемонстрировала её высокую эффективность при проектировании усилителей СВЧ-диапазона различного функционального назначения. Установлено, что использование разработанного подхода позволяет достичь улучшения энергетических показателей усилительных каскадов по сравнению с традиционными методами проектирования.

Полученные результаты свидетельствуют о возможности существенного повышения коэффициента полезного действия усилителей мощности при сохранении требуемых значений выходной мощности и линейных характеристик. Дополнительным преимуществом является возможность оптимизации шумовых параметров усилителей на низком уровне входных сигналов, что имеет важное значение для приемных трактов радиотехнических систем.

Заключение

Разработанная методика многопараметрического моделирования представляет собой эффективный инструмент определения оптимальных

рабочих импедансов усилителей СВЧ-диапазона. Основное преимущество предложенного подхода заключается в возможности комплексного учёта взаимного влияния различных параметров усилительных каскадов при их проектировании.

Перспективными направлениями дальнейшего развития исследований являются интеграция методики с системами искусственного интеллекта для автоматизации процесса поиска оптимальных решений, а также расширение области применения для проектирования широкополосных и многокаскадных усилительных трактов. Практическая реализация предложенной методики открывает новые возможности для создания высокоэффективных усилительных устройств СВЧ-диапазона, отвечающих современным требованиям радиотехнических систем.

Список литературы

1. Манько А.С., Зеленкевич Д.Ю. СВЧ усилитель мощности Догерти для передающего модуля базовой станции 5G NR диапазона n79 // СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии. 2022. № 4. С. 3-4.

2. Манько А.С., Зеленкевич Д.Ю., Головин В.В. Особенности требований к передающему тракту радиомодулей базовой станции 5G NR диапазона FR1 // Современные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций. 2022. № 5. С. 113.

3. Трушкина А.В., Манько А.С. Микроволновый смеситель X-диапазона с фазовым подавлением зеркального канала // Современные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций. 2024. № 7. С. 117.

УДК 621.375.026

АППАРАТНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА РАБОЧИХ ПАРАМЕТРОВ УСИЛИТЕЛЕЙ СВЧ-ДИАПАЗОНА

А.В. Трушкина, студент 4-го курса [1, а)]
А.С. Манько, ассистент кафедры «Радиоэлектроника и телекоммуникации» [1, б)]
[1] ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,
Севастополь, Российская Федерация
E-mail: [а)] subridenssum@mail.ru, [б)] sahamanko@mail.ru

Аннотация: В работе представлен комплексный анализ аппаратно-методического обеспечения для многопараметрического анализа рабочих параметров усилителей СВЧ-диапазона. Рассмотрены современные подходы к построению измерительных систем, обеспечивающих исследование импедансных характеристик активных компонентов в широком диапазоне

частот. Особое внимание уделено сравнительному анализу различных архитектур измерительных комплексов и их метрологических характеристик. Разработаны рекомендации по выбору оптимальной конфигурации измерительного оборудования в зависимости от решаемых задач проектирования усилительных устройств.
Ключевые слова: СВЧ усилители, многопараметрический анализ, аппаратно-методическое обеспечение, импедансные характеристики, измерительные системы, метрология СВЧ.

HARDWARE AND METHODOLOGICAL SUPPORT FOR MULTI-PARAMETER ANALYSIS OF MICROWAVE AMPLIFIERS OPERATIONAL PARAMETERS

A.V. Trushkina [1, a)], **A.S. Manko** [1, b)]
[1] Sevastopol State University, Sevastopol, Russian Federation
E-mail: [a)] subridenssum@mail.ru, [б)] sahamanko@mail.ru

Abstract: The paper presents a comprehensive analysis of hardware and methodological support for multi-parameter analysis of operational parameters of microwave amplifiers. Modern approaches to the construction of measuring systems that provide research of impedance characteristics of active components in a wide frequency range are considered. Particular attention is paid to the comparative analysis of various architectures of measuring complexes and their metrological characteristics. Recommendations for choosing the optimal configuration of measuring equipment depending on the solved problems of amplifier design are developed.
Keywords: microwave amplifiers, multi-parameter analysis, hardware and methodological support, impedance characteristics, measuring systems, microwave metrology.

Введение

Современные тенденции развития радиоэлектронной аппаратуры СВЧ-диапазона характеризуются постоянным ужесточением требований к энергетической эффективности, линейности и шумовым параметрам усилительных устройств. Проектирование таких устройств требует применения методик экспериментального исследования, позволяющих осуществлять комплексный анализ рабочих параметров в различных режимах функционирования. Особую актуальность приобретают методы многопараметрического анализа, обеспечивающие одновременное измерение множества характеристик усилительных элементов при варьировании внешних условий их работы [1].

Традиционные подходы к проектированию усилителей СВЧ-диапазона, основанные исключительно на математическом моделировании, демонстрируют

ограниченную эффективность в условиях существенной нелинейности характеристик активных компонентов. В связи с этим возникает объективная необходимость в разработке специализированного аппаратно-методического обеспечения, позволяющего проводить экспериментальные исследования с высокой точностью и воспроизводимостью результатов. Настоящее исследование посвящено системному анализу современных средств и методов многопараметрического анализа рабочих параметров усилителей СВЧ-диапазона.

Основная часть

Фундаментальной основой многопараметрического анализа усилителей СВЧ-диапазона является концепция исследования влияния импедансных условий на энергетические и шумовые характеристики активных компонентов. Реализация данной концепции требует создания специализированных измерительных комплексов, обеспечивающих возможность программируемого управления импедансом нагрузки и источника сигнала с одновременной регистрацией множества выходных параметров.

Ключевым элементом таких измерительных систем являются программируемые устройства управления импедансом, конструкция которых основана на принципе регулируемого связи между измерительной линией и зондом. Наиболее распространённой конструктивной реализацией являются устройства типа "скользящий зонд", в которых механическое перемещение зонда вдоль и поперёк линии передачи позволяет осуществлять независимую регулировку активной и реактивной составляющих импеданса. Современные реализации таких устройств обеспечивают автоматизированное управление посредством прецизионных электромеханических приводов с компьютерным интерфейсом.

Метрологические характеристики измерительных систем многопараметрического анализа в значительной степени определяются архитектурой построения измерительного тракта. В настоящее время можно выделить три основных архитектурных подхода, каждый из которых обладает определёнными преимуществами и ограничениями.

Скалярные измерительные системы (рис. 1) основаны на использовании измерителей мощности и анализаторов спектра для регистрации амплитудных характеристик усилительных элементов. Несмотря на относительную простоту реализации, такие системы требуют проведения трудоёмкой процедуры предварительной калибровки, включающей характеризацию устройств управления импедансом и компенсацию систематических погрешностей измерительного тракта. Дополнительным ограничением является необходимость применения процедуры пересчёта измеренных параметров в сечение исследуемого устройства.

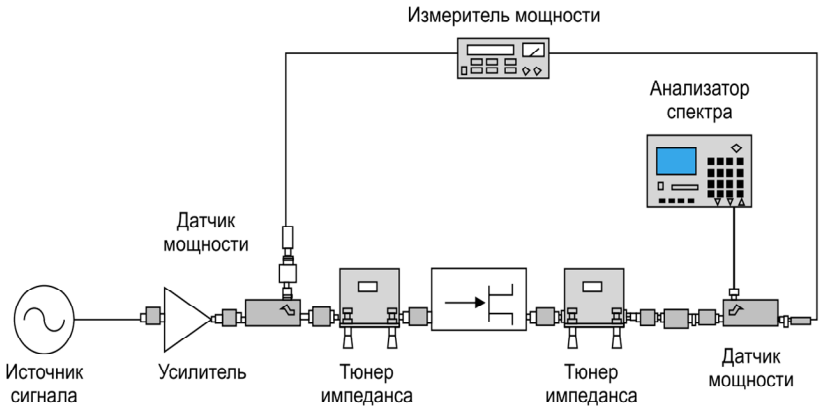


Рис. 1. Схема скалярных пассивных измерений

Векторные измерительные системы (рис. 2), построенные на основе векторных анализаторов цепей, позволяют преодолеть указанные ограничения за счёт непосредственного измерения комплексных амплитуд падающих и отражённых волн в сечении исследуемого устройства. Интеграция ответвителей с малыми потерями в измерительный тракт обеспечивает возможность проведения калибровки в реальном времени, что существенно повышает точность измерений. Современные векторные анализаторы цепей поддерживают специализированные программные интерфейсы для автоматизации процесса многопараметрического анализа.

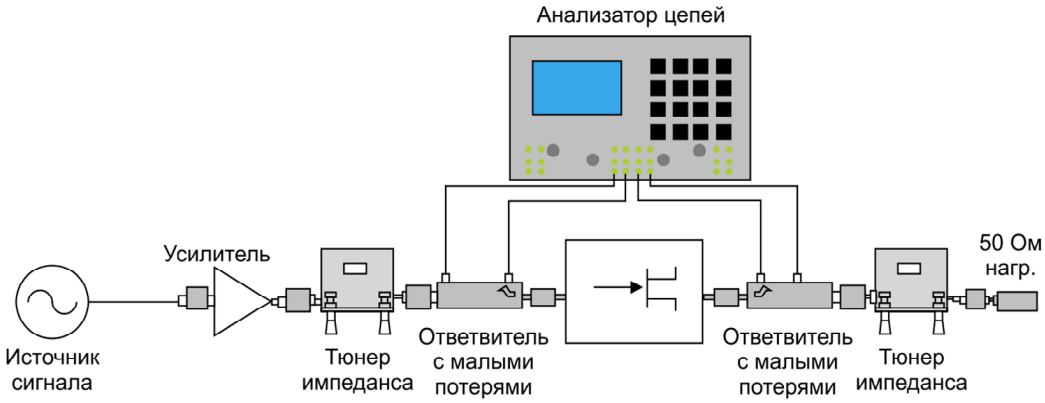


Рис. 2. Схема векторных пассивных измерений

Наиболее прогрессивным направлением развития измерительных систем является использование активных архитектур (рис. 3), в которых отражённая волна формируется искусственно с помощью программируемых аттенюаторов и фазовращателей. Такие системы позволяют достигать экстремальных значений коэффициента отражения, недостижимых при использовании пассивных устройств управления импедансом. В зависимости от способа формирования отражённой волны различают замкнутые и незамкнутые архитектуры активных систем, каждая из которых обладает специфическими особенностями применения.

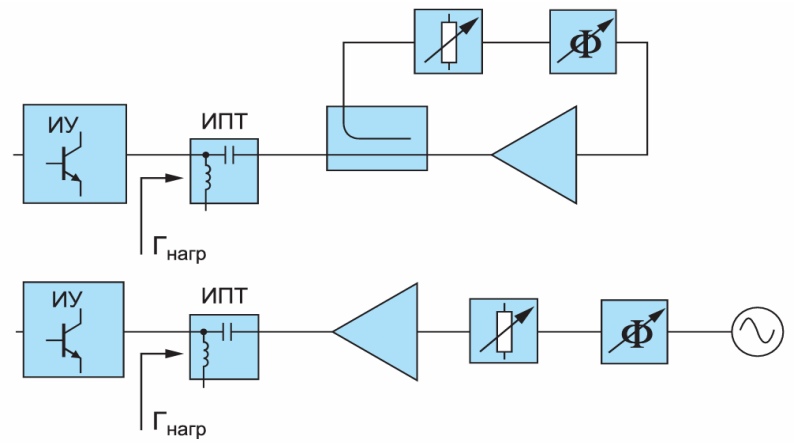


Рис. 3. Схемы активных измерений

Сравнительный анализ метрологических характеристик различных архитектур измерительных систем демонстрирует существенные различия в точности установки импедансных условий. Пассивные системы с механическими устройствами управления импедансом обеспечивают типовую точность установки коэффициента отражения на уровне -40...-50 дБ, в то время как активные системы позволяют достигать значений до -60 дБ и выше. При этом активные системы характеризуются более высокой скоростью проведения измерений, что особенно важно при исследовании многокаскадных усилительных трактов.

Важным аспектом практической реализации измерительных комплексов является обеспечение синхронизации работы всех компонентов системы. Современные системы многопараметрического анализа предусматривают использование стандартных интерфейсов (LXI, PXI) для интеграции разнородного измерительного оборудования в единый автоматизированный комплекс. Специализированное программное обеспечение обеспечивает не только управление измерительными приборами, но и обработку получаемых данных с построением многомерных характеристик усилительных элементов.

Результаты

Разработаны практические рекомендации по выбору оптимальной конфигурации измерительного оборудования в зависимости от решаемых задач. Для исследований усилителей мощности рекомендуется использование векторных измерительных систем с пассивными устройствами управления импедансом, в то время как для малошумящих усилителей предпочтительным является применение активных измерительных систем с незамкнутой архитектурой.

Проведённый сравнительный анализ отечественного и зарубежного измерительного оборудования показал, что современные российские разработки, такие как векторные анализаторы цепей производства «ПЛАНАР» и НПК ТАИР, по своим метрологическим характеристикам не уступают зарубежным аналогам и могут успешно применяться в составе измерительных комплексов многопараметрического анализа.

Заключение

Разработанное аппаратно-методическое обеспечение для многопараметрического анализа рабочих параметров усилителей СВЧ-диапазона представляет собой эффективный инструмент экспериментального исследования, позволяющий осуществлять комплексную оптимизацию характеристик усилительных устройств. Основное преимущество предложенного подхода заключается в возможности одновременного анализа множества параметров при варьировании импедансных условий работы активных компонентов.

Перспективными направлениями дальнейшего развития исследований являются интеграция методов машинного обучения для автоматизации процесса анализа многомерных данных, разработка специализированных измерительных систем для исследования широкополосных усилительных устройств, а также создание унифицированных методик калибровки для обеспечения воспроизводимости результатов измерений в различных лабораторных условиях.

Практическая значимость работы заключается в разработке конкретных рекомендаций по построению измерительных комплексов для исследовательских и промышленных лабораторий, занимающихся проектированием и производством усилительной аппаратуры СВЧ-диапазона.

Список литературы

1. Кириленко Е. Руководство для начинающих по измерениям с переменной нагрузкой // Компоненты и технологии. 2015. № 7. С. 125–128.

УДК 621.396.6

РАЗРАБОТКА ПЕЧАТНОЙ АНТЕННЫ-АППЛИКАТОРА ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ПАТОЛОГИЙ ГОЛОВНОГО МОЗГА

А.В. Трушкина, студент 4-го курса [1, a)]
ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,
Севастополь, Российская Федерация
E-mail: [a)] subridenssum@mail.ru

Научный руководитель: Ю.Н. Тыщук, канд. тех. наук, доцент

Аннотация: Разработана печатная антенна-аппликатор для диагностики и обнаружения патологий головного мозга человека на глубине измерения 4-6 см.
Ключевые слова: антенна-аппликатор, микроволновая радиотермометрия, опухоль головного мозга, собственной излучение человека,диагностика.

DEVELOPMENT OF A PATCH ANTENNA APPLICATOR FOR THE DIAGNOSIS OF BRAIN PATHOLOGIES

A.V. Trushkina [1, a)]
[1] Sevastopol State University, Sevastopol, Russian Federation
E-mail: [a)] subridenssum@mail.ru

Scientific supervisor: Yu.N. Tyshchuk, Associate Professor of the Department of Radioelectronics and Telecommunications

Abstract: A printed antenna applicator has been developed for the diagnosis and detection of human brain pathologies at a depth of 4-6 cm.
Keywords: antenna applicator, microwave radiothermometry, brain tumor, human radiation, diagnostics.

Введение

Современная диагностика различных патологий головного мозга, к примеру, таких как злокачественные новообразования (опухоли) требует методов, которые смогут обеспечить безопасность для пациента и достаточно высокую информативность. Одним из наиболее перспективных направлений в этой области является микроволновая радиотермометрия (МР), которая основана на регистрации собственного электромагнитного излучения внутренних тканей в диапазоне сверхвысоких частот (СВЧ).

Главное достоинство МР это возможность определять быстрорастущие опухоли. Связано это в первую очередь с тем, что удельное тепловыделение в опухоли прямо пропорционально скорости ее роста, и как следствие, быстрорастущие опухоли — будут иметь более высокую температуру.

Также к достоинствам МР можно отнести безопасность использования, так как он регистрирует излучение организма, не оказывая вредного воздействия. Как следствие, метод МР может использоваться как предварительная диагностика или же способ наблюдения пациентов для отбора на более сложную и вредную для организма процедуру магнитно-резонансной томографии (МРТ).

В статье рассматривается физические законы, на которых основана работа МР, выбор геометрических параметров антенны, её моделирование и особенности построения для использования в МР.

Основная часть

Медицинская микроволновая радиотермометрия (ММВРТ) – это не инвазивный метод измерения внутренней температуры тела, основанный на измерении интенсивности собственного электромагнитного излучения внутренних тканей пациента в диапазоне сверхвысоких (СВЧ) частот. Данный метод позволяет измерять и визуализировать на экране внутреннюю температуру тканей на глубине нескольких сантиметров.

В медицине также используется инфракрасная термография, ее основное отличие от ММВРТ состоит в том, что она позволяет измерять и визуализировать температуру кожных покровов, но его глубина измерения ограничена слоем кожи биологического объекта толщиной 100 мкм. Поэтому метод измерения микроволнового излучения биологических тканей является более корректным, так как он позволяет выявлять тепловые аномалии на глубине вплоть до нескольких сантиметров. Медицинские устройства, с помощью которых можно производить такие измерения, называются микроволновыми радиотермометрами, а сенсор изделия, который непосредственно контактирует с организмом человека – антенной-апликатором или медицинской антенной.

Прежде всего, так как любое физическое тело с температурой выше абсолютного нуля (-273 ℃) является источников электромагнитного излучения в широком диапазоне частот, то интенсивность излучения можно определить по формуле Планка, представленной ниже:

$$B(f,T) = \frac{2\cdot\pi\cdot h\cdot f^3}{c^2\cdot(e^{\frac{hf}{kT}}-1)},$$

где h-постоянная Планка $6.22\cdot10^{-34}$Дж/с; f-частота, Гц; с-скорость света $3\cdot10^8$ м/с, k-константа Больцмана $1.38\cdot10^{-23}$Дж/К; Т – абсолютная температура в К.Именно это и является основой МР.

У пациентов с различными патологиями головного мозга формируются температурные аномалии, которые могут провялятся как общее повышении температуры или же значительное увеличение температурной гетерогенности. Температурная гетерогенность характеризуется возникновением «теплых» и «холодных» областей на температурной карте головного мозга (рис. 1)

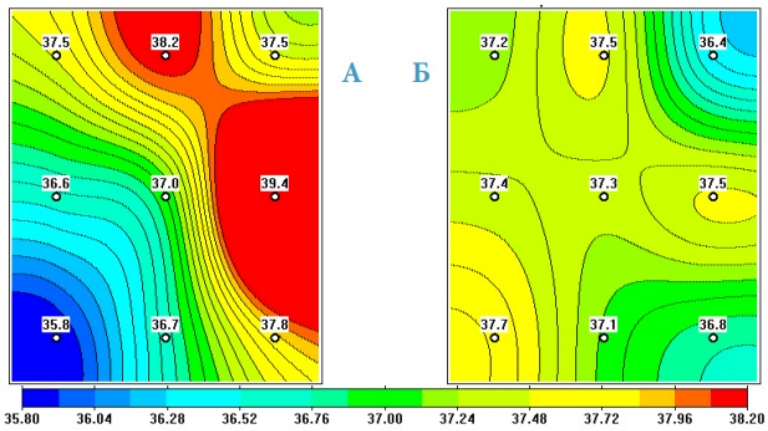


Рис. 1. Пример температурной карты головного мозга

Такие температурные аномалии могут возникать вследствие перенесенных заболеваний. К примеру, инсульты, черепно-мозговые травмы (ЧМТ) и опухоли головного мозга.

Человеческий головной мозг имеет слоистую структуру и параметры каждого из слоев можно представить в виде слоев определенных материалов на

определенной частоте в таблице 1 представлены параметры слоев для частоты 3 ГГц, где проводились исследования [1].

Таблица 1. Параметры слоев головы человека.

Слой	ε	σ,(Ом·м)$^{-1}$	Толщина,мм
Кожа	36,59	2,34	2
Кость	16,95	1,4	2
Спинномозговое вещество	63,73	5,2	0,5
Серое вещество	46,58	3,09	5
Белое вещество	34,48	2,14	60

В данной работе в качестве антенны-аппликатора была выбрана патч антенна со следующими геометрическими параметрами: размер подложки и болюса 50×50 мм, толщина подложки и болюса 2.7 мм, размер излучателя 12.7×18 мм (рис. 2).

Болюс является дополнительным слоем диэлектрика и по размерам он примерно равен апертуры антенны, нужен он для увеличения расстояния между излучателем и пациентом и для улучшения согласования.

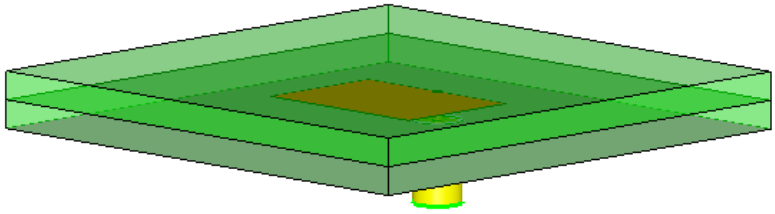


Рис. 2. Структура патч-антенны

В качестве рабочей частоты был выбран диапазон от 2.9 до 3.1 ГГц, связано это с тем, что именно в этом диапазоне зафиксировано наибольшее излучение головного мозга [2].

Наилучшее значение КСВН было достигнуто при увеличении толщины подложки и болюса с 1.4 до 2.7 мм и в итоге составило 1.3 на частоте 2.975 ГГц (рис. 3).

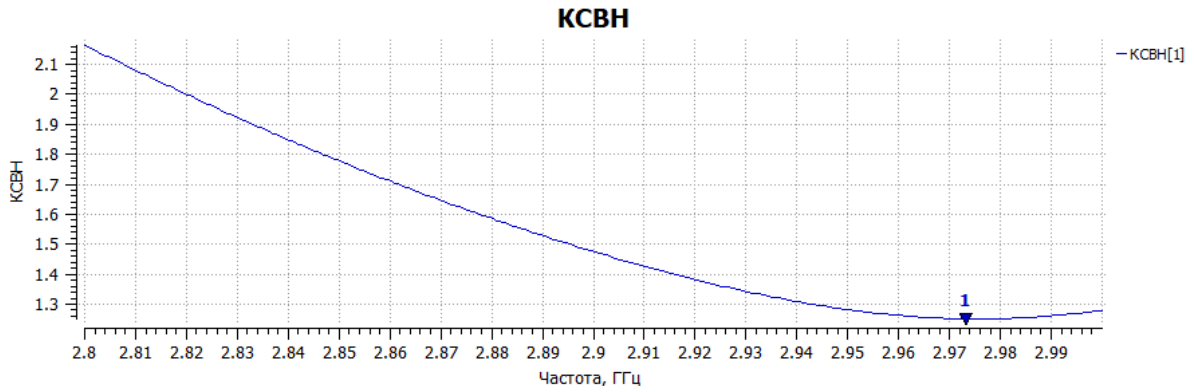


Рис.3. График КСВН

Также для моделирования работы антенны в САПР ГАММА была сформирована сферическая модель с радиусом 90мм имитирующая голову человека (рис. 4). Эта модель имеет слоистую структуру, каждый из слоев соответствует параметрам из таблицы 1.

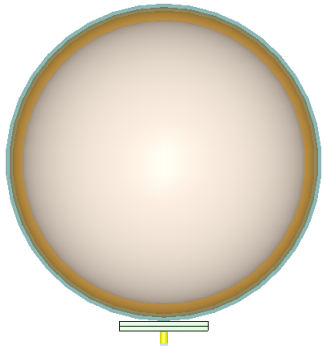


Рис. 4. Структура, имитирующая голову

Результаты моделирования, а именно глубина измерения электромагнитного поля в тканях головы представлены на рис. 5.

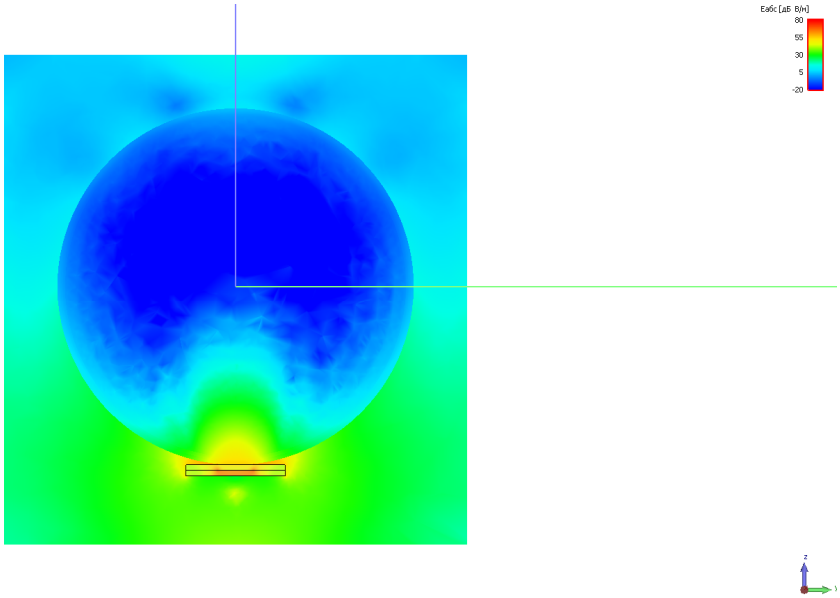


Рис. 5. Электромагнитное поле

Можно увидеть, что разработанная антенна-аппликатор способна измерять и обнаруживать температурные аномалии на расстоянии около 4-6 см, что является достаточным для обнаружения температурных аномалий головного мозга [3].

Заключение

Разработана антенна-аппликатор для обнаружения патологий голоного мозга, представленная антенна способна регистрировать температурные аномалии на глубине около 4-6 см, что является достаточным для обнаружения заболеваний.

Список литературы

1. Gabriel S.G., Corthout E. The dielectric properties of biological tissues : I. literature survey // Physics in Medicine and Biology. 1996. No 41. P. 2231–2249.

2. Шабашов Е.П., Шабунин С.Н., Мрдакович Б. Моделирование и анализ свойств спиральной антенны для исследования излучения головного мозга в микроволновом диапазоне // Ural Radio Engineering Journal. 2020. Т. 4, № 1. С. 84–99. DOI 10.15826/urej.2020.4.1.005.

3. Jacobsen S., Rolfsnes H., Stauffer P. Characteristics of Microstrip Muscle-Loaded SingleArm Archimedean Spiral Antennas as Investigated by FDTD Numerical Computations // IEEE Transactions on Biomedical Engineering. 2004. Vol. 52. No. 2. P. 321–330.

УДК 004.94

СПЕЦИАЛЬНОЕ СОГЛАСУЮЩЕЕ ЗВЕНО ДЛЯ АНТЕННЫ АВАРИЙНОГО СПАСАТЕЛЬНОГО РАДИОБУЯ

Ю.Н. Тыщук, канд. тех. наук, доцент [1, а)],
М.Д. Филиппов, студент [1, б)],
Т.А. Иванюк, студент [1, в)],
М.С. Беленко, студент [1, г)].
[1] ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,
Севастополь, Российская Федерация
E-mail: [а)] y.tyschuk@gmail.com, [б)] matveychik060704@gmail.com,
[в)] drimov.serafim@bk.ru, [г)] belenko2003@bk.ru

Аннотация: Рассматривается задача расчета и макетирования согласующего звена для антенны аварийного радиобуя. Синтезирована принципиальная электрическая схема согласующего звена методом двухчастотного согласования Г-звеньев, она же собрана на реальной плате. Правильность расчета проверена в САПР и на плате анализатором спектра.
Ключевые слова: реактивность, Г-звено, двухчастотное согласование.

SPECIAL MATCHING CIRCUIT FOR EPIRB ANTENNA

Yu.N. Tyschuk [1, a)], **M.D. Filippov** [1, b)], **T.A. Ivanyuk** [1, c)], **M.S. Balenko** [1, d)].
[1] Sevastopol State University «SevSU», Sevastopol, Russia
E-mail: [a)] y.tyschuk@gmail.com, [b)] matveychik060704@gmail.com,
[c)] drimov.serafim@bk.ru, [d)] belenko2003@bk.ru

Abstract: The calculation and design of a matching circuit for an emergency position-indicating radio beacon antenna is considered. A circuit diagram of the

matching link was synthesized using dual-frequency matching of L-links and assembled on a circuit board. The calculation was verified using a CAD system and a spectrum analyzer.

Keywords: reactance, L-shaped link, dual-frequency matching.

Введение

Реализация двухчастотного согласования в условиях, когда требуется задействовать минимальное количество передатчиков, является распространенным современным решением при согласовании радиоэлектронных устройств. Так, в аварийном спасательном радиобуе (далее – буй), работающем на трех частотах попеременно использование двух передатчиков вместо трех может упростить схему платы согласования и продлить время работы аккумулятора. Одним из способов решения такой задачи является согласование сдвоенным Г-звеном, где одно из звеньев преобразуется в LC-контуры (рис. 1) [1].

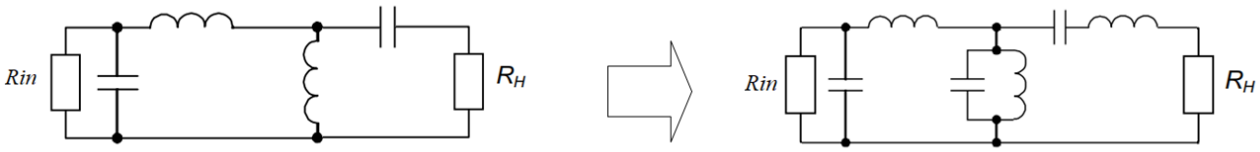


Рис. 1. Вид схемы замещения Г-звена LC-контурами

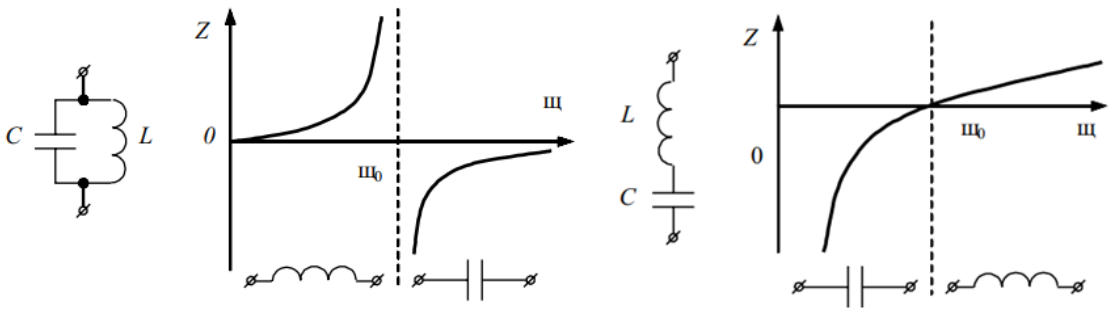
Методы

Для решения задачи согласования двойным Г-звеном предлагается подход, заключающийся в преобразовании формы второго звена в параллельный и последовательный LC-контура. При таком подходе реактивность, действующая от одного контура на другой, будет меньше, что увеличит коэффициент передачи на требуемых частотах и приблизит КСВ к идеальному [2]. В процессе трансформации формы контура важно учитывать расположение и номиналы элементов контуров (рис. 2). Нужно выбрать вид схемы и элементы так, что бы на одной частоте контуры представляли собой первоначальное звено, а на второй частоте, резонансной, не оказывали влияния друг на друга (минимальная паразитная реактивность).

Предложенный подход к синтезу схемы согласования решает задачу уменьшения габаритов схемы и влияния звеньев друг на друга, что могло бы повлечь за собой ухудшение работы буя.

Результаты

На рис. 3 и 4 показаны результаты синтеза в САПР и при проверке схемы анализатором спектра на собранной плате.



$$Z=\frac{\omega L}{1-\omega^2 LC}\quad \omega_0=\frac{1}{\sqrt{LC}}\quad Z_1=\frac{\omega_1 L}{1-\omega_1^2 LC}\quad L=\frac{1}{\omega_0^2 C}\quad C=\frac{1}{Z}\frac{\omega_1}{\omega_0^2-\omega_1^2}$$

$$Z=\omega L-\frac{1}{\omega C}\quad \omega_0=\frac{1}{\sqrt{LC}}\quad Z_1=\omega_1 L-\frac{1}{\omega_1 C}\quad L=\frac{1}{\omega_0^2 C}\quad C=\frac{1}{Z}\frac{\omega_1^2-\omega_0^2}{\omega_1\omega_0^2}$$

Рис. 2. Зависимость сопротивления LC-контура от частоты и формулы расчета номиналов элементов

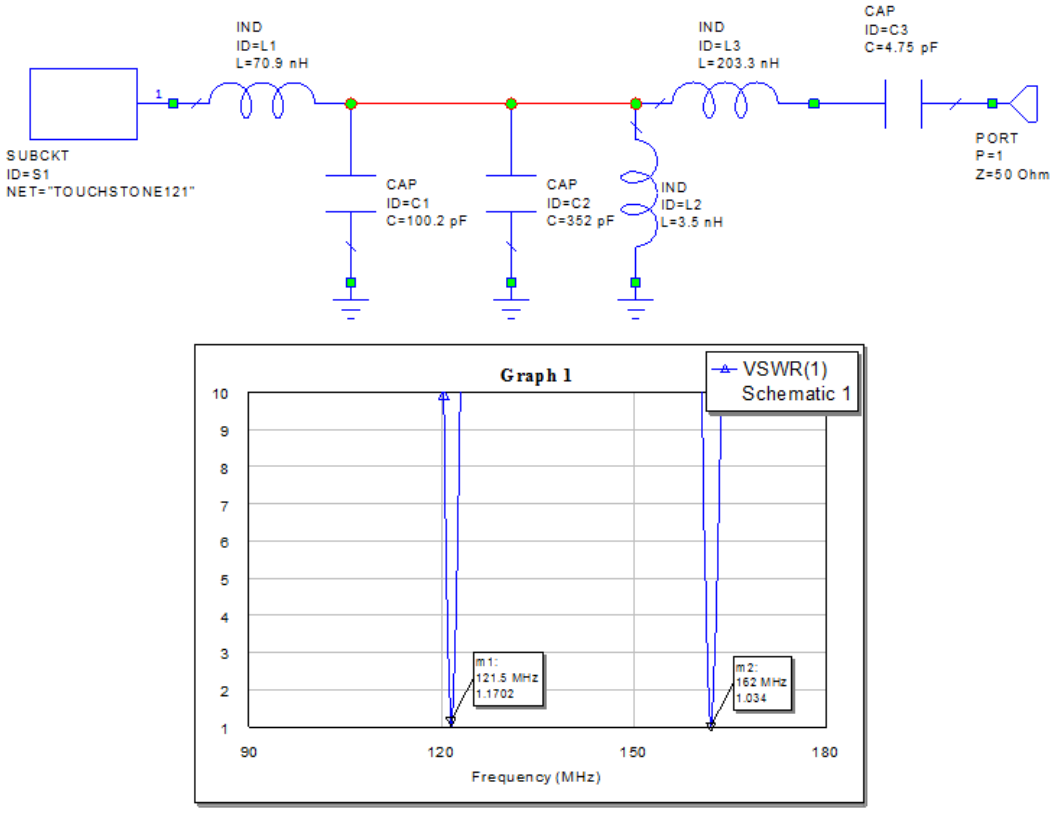


Рис. 3. Результат синтеза

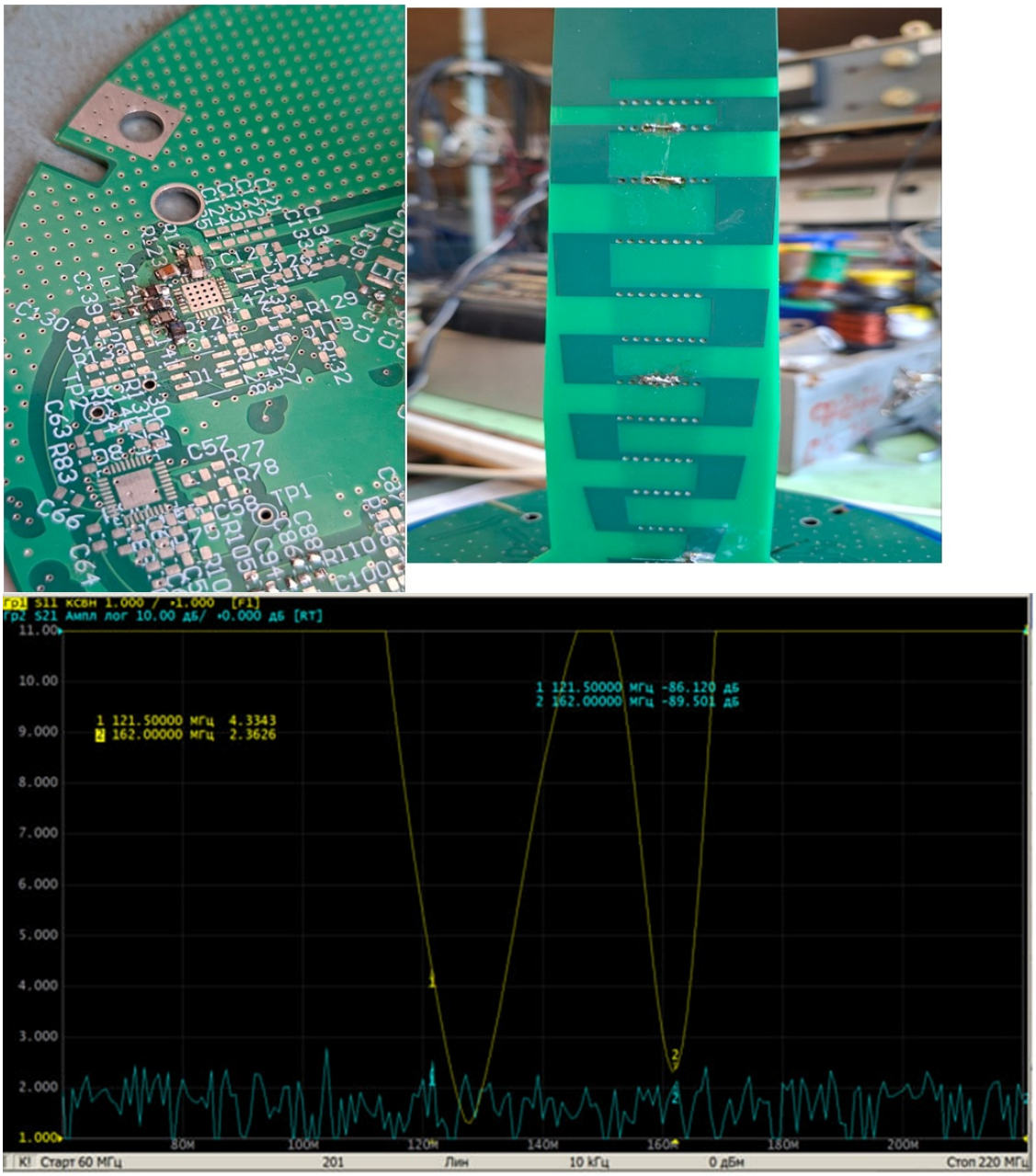


Рис. 4. Результат моделирования

Заключение

Исследована эффективность применения расчитанной и синтезированной схемы согласования для аварийного радиобуя. Результат выполняет поставленные требования.

Список литературы

1. Григоров И.Н. Антенны. Настройка и согласование // Книжная полка радиолюбителя. 2003. С. 47–52.

2. Бабков В.Ю., Муравьев Ю.К. Основы построения устройств согласования антенн // ВАС, 1980, С. 122–137.

УДК 621.39

ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДИК ЧИСЛЕННОГО РАСЧЁТА ПАРАМЕТРОВ МИКРОПОЛОСКОВЫХ АНТЕНН И ЛИНИЙ СВЯЗИ

А.О. Ходенкова, студент 3 курса [1, а)],
Е.А. Редькина, канд. техн. наук, доцент [1, б)]
[1] ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,
Севастополь, Российская Федерация
E-mail: [а)]arinahoden2006@gmail.com, [б)]EARedkina@sevsu.ru

Аннотация: В работе проведен обзор современных методик численного расчета параметров микрополосковых антенн и линий связи. Рассмотрены электродинамические, эквивалентно-схемные и матричные модели, а также проанализированы тенденции в использовании специализированных САПР. Особое внимание уделено применению методов моментов, конечных элементов, а также перспективам использования искусственного интеллекта для ускорения параметрической оптимизации.
Ключевые слова: микрополосковая антенна, численное моделирование, метод моментов, метод конечных элементов, эквивалентная схема, матрица рассеяния, САПР.

REVIEW OF EXISTING METHODS FOR NUMERICALCALCULATION OF PARAMETERS OF MICROSTRIP ANTENNAS AND COMMUNICATION LINES

A.O. Khodenkova [1, a)], **E.A. Redkina** [1, b)]
[1] Sevastopol State University, Sevastopol, Russia
E-mail: [a)] arinahoden2006@gmail.com, [б)] EARedkina@sevsu.ru

Abstract: In the paper, the review of modern methods of numerical calculation of parameters of microstrip antennas and feeder lines is presented. Electrodynamic, equivalent and matrix models are considered, as well as trends in the use of specialized CAD are analyzed. Particular attention is paid to the use of methods of moments, finite elements, as well as prospects for the use of artificial intelligence to accelerate parametric optimization.
Keywords: microstrip antenna, numerical modeling, method of moment, finite element method, equivalent circuit, scattering matrix, CAD

Введение

Развитие инфокоммуникационных технологий и систем обеспечения безопасности требует создания компактных, высокоэффективных антенных

устройств. Микрополосковые антенны (МПА) и линии связи благодаря своей малой массе, низкому профилю и технологичности нашли широкое применение в современных радиотехнических системах. Однако проектирование таких структур сопряжено со сложностью точного прогнозирования их электродинамических характеристик, что обуславливает необходимость применения численных методов моделирования.

Целью данной работы является систематический обзор существующих методик численного расчета параметров микрополосковых антенн и линий связи для выявления современных тенденций в моделировании электромагнитных структур.

Методы

Электродинамические модели

Наиболее фундаментальный подход к анализу антенн основан на строгом решении уравнений Максвелла. Электродинамическая модель позволяет найти распределение токов на проводниках антенны, что является ключом к определению полей излучения в дальней зоне и входного сопротивления [1].

Система уравнений Максвелла в дифференциальной форме записывается следующим образом:

$$\nabla \cdot \vec{E} = -\frac{\delta \vec{B}}{\delta t};$$

$$\nabla \cdot \vec{H} = \vec{J} - \frac{\delta \vec{D}}{\delta t},$$

где $\vec{E}$ — напряженность электрического поля, $\vec{H}$ — напряженность магнитного поля, $\vec{B}$ — магнитная индукция, $\vec{D}$ — электрическая индукция, $\vec{J}$ – плотность тока.

Для численного решения этих уравнений применительно к антенным структурам наиболее широко используются метод моментов (*method of moments*, *MoM*) и метод конечных элементов (*finite element method*, *FEM*). Эти методы реализованы в специализированных САПР, таких как *HFSS, FEKO, CST Microwave Studio*.

Также часто для расчета излучающих структур, уравнения Максвелла упрощают, исходя из геометрии антенны. Так, например, частным случаем адаптации системы электродинамических уравнений к задаче расчета параметров симметричного вибратора, является формулировка задачи через интегральное уравнение Галлена для идеально проводящих тел [2]. Для симметричного вибратора оно имеет следующий вид:

$$\int_{-l}^{l} I(z') \frac{e^{-i\beta r}}{r} dz' = C_1 e^{i\beta z} + C_2 e^{-i\beta z} - \frac{2\pi}{z_0} \times$$

$$\times \left[e^{-i\beta z} \int_{-\frac{b}{2}}^{z} E(z') e^{i\beta z'} dz' + \int_{z}^{\frac{b}{2}} E(z') e^{-i\beta z'} dz' \right].$$

Несмотря на высокую точность, математическое моделирование на основе упрощенных уравнений Максвелла требует значительных вычислительных ресурсов, и не может быть в полной степени применено при поиске оптимальной геометрии антенны. С другой стороны, применение численных методов *MoM* и *FEM* для поиска оптимальной геометрии требует дополнительного инженерного анализа для задачи выбора диапазона поиска в специализированных САПР. Зачастую этот дополнительный анализ требует практического инженерного опыта либо большого времени для подбора требуемого пути оптимизации.

Эквивалентно-схемные модели и эмпирические формулы

Для анализа в ограниченных значениях исследуемого параметра и для быстрой оценки параметров часто применяется метод эквивалентных схем [3, 4]. Антенна представляется в виде пассивной электрической цепи, например, последовательного или параллельного RL-контура. Элементы эквивалентной схемы имеют физическую интерпретацию:

– индуктивность (L) — характеризует способность антенны накапливать магнитную энергию;

– ёмкость (C) — характеризует способность накапливать электрическую энергию;

– активное сопротивление (R) — включает в себя сопротивление излучения $R_{\text{изл}}$ и сопротивление потерь $R_{\text{п}}$ (в металле и диэлектрике).

Для предварительного расчета параметров МПА исследователи часто используют эмпирические формулы. Например, формула Чу [5] связывает добротность Q антенны с её геометрическими и электрическими параметрами:

$$Q_{\text{ЧУ}} = \frac{1}{k_0 a} + \frac{1}{k_0 a^3},$$

где $k_0 = \frac{2\pi}{\lambda_0}$ — волновое число, a — радиус сферы, в которую вписан излучающий элемент микрополосковой антенны.

Полученные с помощью таких формул первоначальные оценки затем могут быть уточнены с помощью более точных методов, например, *MoM*.

Матричные методы описания СВЧ-цепей

При анализе сложных СВЧ-устройств, включающих МПА и линии связи, удобно использовать матричные представления. Такой подход характерен для таких САПР, которые позволяют совмещать электродинамических анализ распределенных и сосредоточенных структур. В этом случае, СВЧ-элемент рассматривается как многопортовый (чаще всего — двухполюсный или четырехполюсный) элемент.

При матричном анализе [3] связь между токами и напряжениями на портах описывается с помощью матрицы сопротивлений Z или матрицы проводимостей Y:

$$u\rangle = Zi\rangle;$$
$$i\rangle = Yu\rangle.$$

На практике наибольшее распространение получила матрица рассеяния S, которая связывает амплитуды падающих и отраженных волн:

$$u_0\rangle = Su_{\text{п}}\rangle,$$

где u_0 — амплитуда отражённых волн, $u_{\text{п}}$ — амплитуды падающих волн.

Результаты

Проведенный обзор показал, что современный процесс проектирования микрополосковых антенн и линий связи базируется на комплексном использовании различных численных методик. Наиболее точные результаты обеспечиваются полноволновыми электродинамическими моделями (ММ, МКЭ), реализованными в специализированных САПР. Однако основное время проектирования зачастую занимает не сам расчет, а итеративный процесс поиска и оптимизации геометрии антенны под заданные характеристики.

Перспективным направлением является интеграция искусственного интеллекта в САПР. Обучение искусственного интеллекта на существующих знаниях, которые могут быть сформированы в некоторую базу данных известных конфигураций, эквивалентных моделей и эмпирических формул может позволить создавать системы, способные предлагать исследователю оптимальные пути модификации геометрии, тем самым значительно ускоряя процесс проектирования.

Заключение

Рассмотрены существующие методики численного расчета параметров микрополосковых антенн и линий связи и выявлены современные тенденции в моделировании электромагнитных структур.

В дальнейшем предлагает провести исследование численных методов и эмпирических формул, разработать структуру базы для обучения с применением нейросетевых технологий. Разработать алгоритм для обучения.

Список литературы

1. Мастрюков А.Ф. Разностная схема для одномерных уравнений Максвелла / А.Ф. Мастрюков // Сибирский журнал вычислительной математики. — 2020. — Т. 23, №1. — С. 69 — 82. — DOI: 10.15372/SJNM20200105.

2. Айзенберг Г.З. Коротковолновые антенны / Г.З. Айзенберг, С.П. Белоусов, Э.М. Журбенко, Г.А. Клигер, А.Г. Курашов. — М.: Радио и связь, 1985. — 536 с.

3. Сазонов Д.М. Антенны и устройства СВЧ / Д.М Сазонов. — М.: Высшая школа, 1988. — 432 с.

4. Фуско В. СВЧ цепи. Анализ и автоматизированное проектирование / В. Фуско. — М.: Радио и связь, 1990. — 288 с.

5. Roca L.J. Handbook on Small Antennas / Lluis Jofre Roca Marta Martinez-Vazquez, Raquel Serrano. — EurAAP Technical Working Group on Compact Antennas, 2012. — 716 с.

УДК 621.396.67

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК МИКРОПОЛОСКОВОЙ АНТЕННЫ НА ОСНОВЕ ТУРНИКЕТНОГО ПРИНЦИПА ПОСТРОЕНИЯ

Д.С. Хомочкина, студент 1-го курса [1, a)]
Т.А. Иванюк, студент 1-го курса [1, a)]
[1] ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,
Севастополь, Российская Федерация
E-mail: [a)] cfomichiva@mail.ru

Научный руководитель: Е.А. Редькина, канд. техн. наук, доцент

Аннотация: Проведено исследование излучающих и входных характеристик микрополоской антенны на основе турникетного принципа построения. Показана возможность применения данного типа антенны на БПЛА.
Ключевые слова: турникетная антенна, диаграмма направленности, коэффициент поляризации.

STUDY OF MICROSTRIP ANTENNA CHARACTERICS BASED ON THE TURNTABLE PRINCIPLE OF CONSTRUCTION

D.S. Khomochkina [1, a)], **T.A. Ivanyuk** [1, a)]
[1] Sevastopol State University, Sevastopol, Russia
E-mail: [a)] cfomichiva@mail.ru

Scientific supervisor: E.A. Redkina, Ph.D. tech. Sciences, Associate Professor

Abstract: A study of the radiating and input characteristics of a microstrip antenna based on the turnstile design principle was conducted. The feasibility of using this type of antenna on UAVs was demonstrated.
Keywords: turnstile antenna, radiation pattern, axial ration.

Введение

Для качественного функционирования БПЛА требуется наличие постоянной связи с наземной станцией управления или оператором. Учитывая условия эксплуатации антенной системы, была разработана микрополосковая антенна на основе турникетного принципа построения.

Известно, что форма плеч симметричного вибратора слабо влияет на форму его диаграммы направленности [1], поэтому антенна может быть выполнена плоской, по печатной технологии, на основе фольгированного диэлектрика. Наибольшей широкополосностью обладают плоские

самодополнительные структуры [2] с плечами в виде двух клиньев с углом расширения 90°, однако входное сопротивление таких структур значительно больше 50 Ом.

В работе представлены результаты анализа возможности реализации излучающей структуры на основе турникетного принципа с оптимальными параметрами: угол разворота плеч, размах крыла, толщина микрополоска, коэффициент радиуса излучающей структуры по отношению к экрану; для экрана: радиус, коэффициент радиуса экрана по отношению к экрану, высота от излучающей структуры до экрана.

Методы

Излучающая структура выполнена на основе турникетного принципа [1]. Система из двух перпендикулярных вибраторов с совмещенными центрами принято называть турникетной антенной. В зависимости от соотношения токов на входах вибраторов могут быть реализованы различные режимы работы антенны.

Антенная система представляет собой излучающую структуру, в два плоских слоя (рис. 1), на которых расположены питающие микрополоски с плечами, расположенные перпендикулярно друг другу [1].

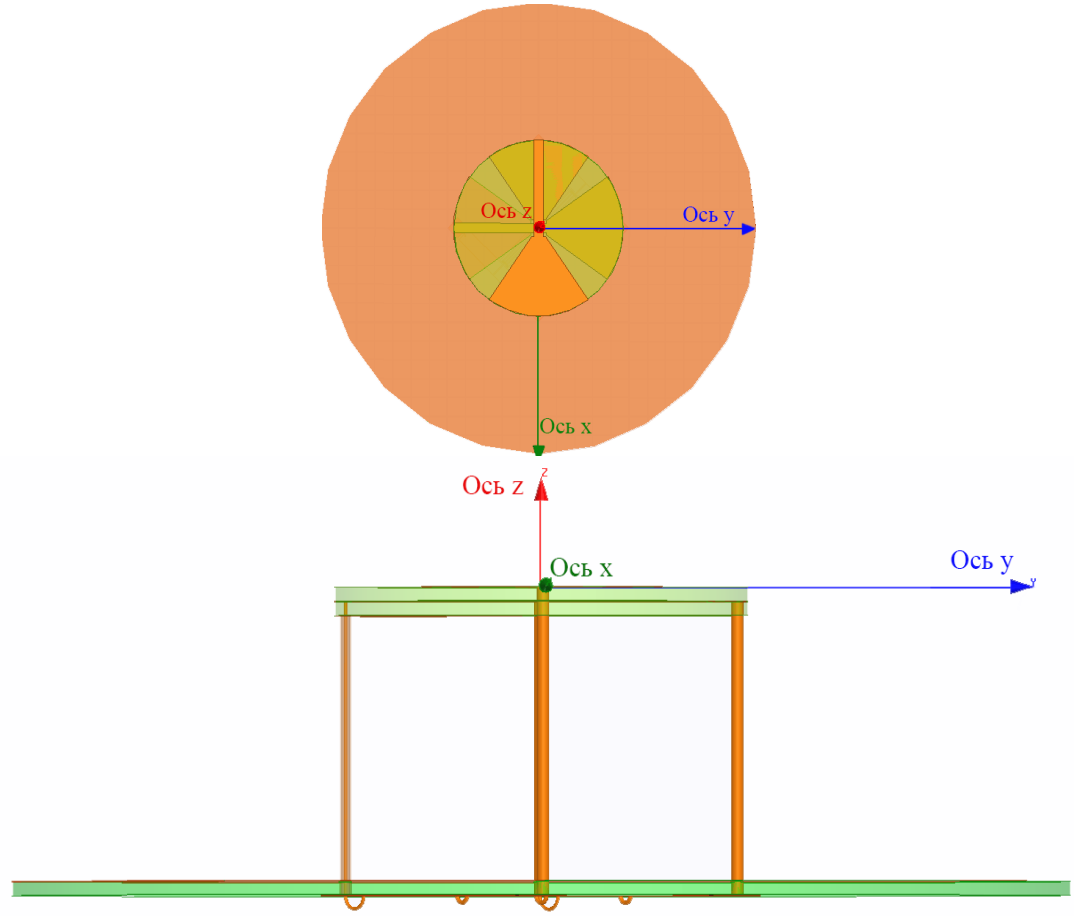


Рис. 1. Вид итоговой модели антенной системы в САПР

Результаты

Питание излучающей структуры, расположенной на стойках (внутри которых может располагаться коаксиальный кабель), осуществляется с нижней стороны экрана с помощью портов, как показано на рис. 2. Возбуждение портов осуществляется со сдвигом фаз 90 градусов.

Промоделирована излучающая структура без питающей системы. Получены следующие характеристики: диаграмма направленности, коэффициент стоячей волны, активная и реактивная составляющие, коэффициент поляризации. Результаты моделирования представлены на серии рисунках 3–5.

Результаты диаграммы направленности на трёх частотах:

– на крайней частоте 2,4 ГГц сечение ДН по уровню 3 дБ не менее 76 градусов;

– на крайней частоте 2,7 ГГц сечение ДН по уровню 3 дБ не менее 60 градусов;

– на средней частоте 2,5 ГГц сечение ДН по уровню 3 дБ не менее 78 градусов.

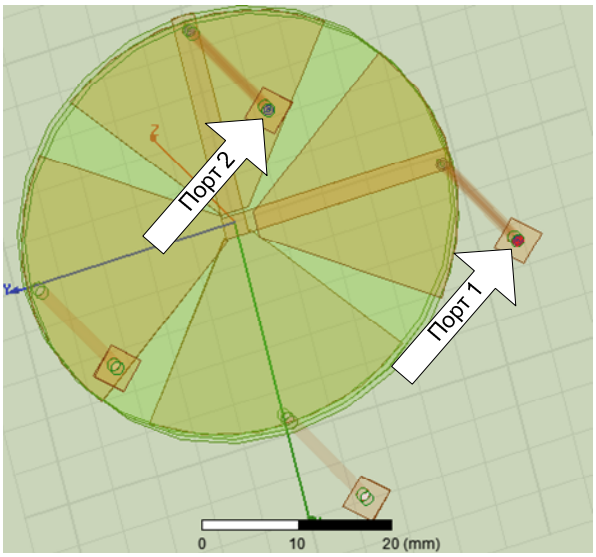
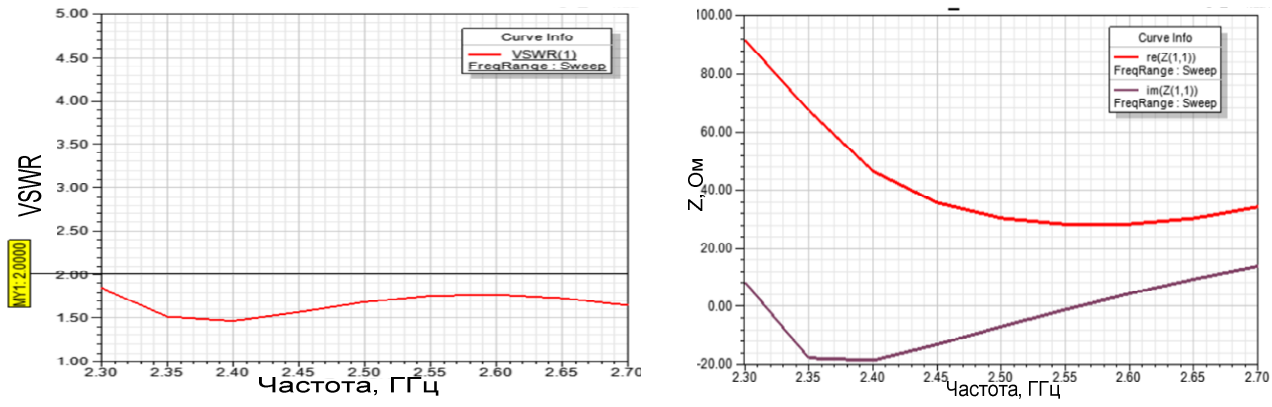


Рис. 2. Расположение портов на модели



а) б)

Рис. 3. Входные параметры антенны: а) коэффициент стоячей волны по уровню 2,0; б) активная и реактивная составляющие антенной системы

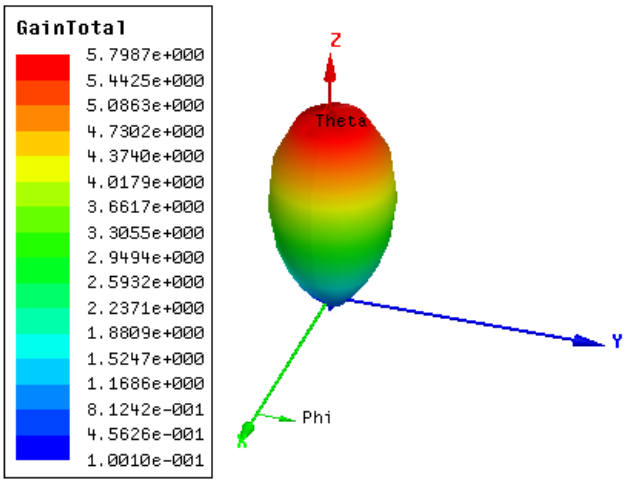


Рис. 4. Диаграмма направленности на центральной частоте

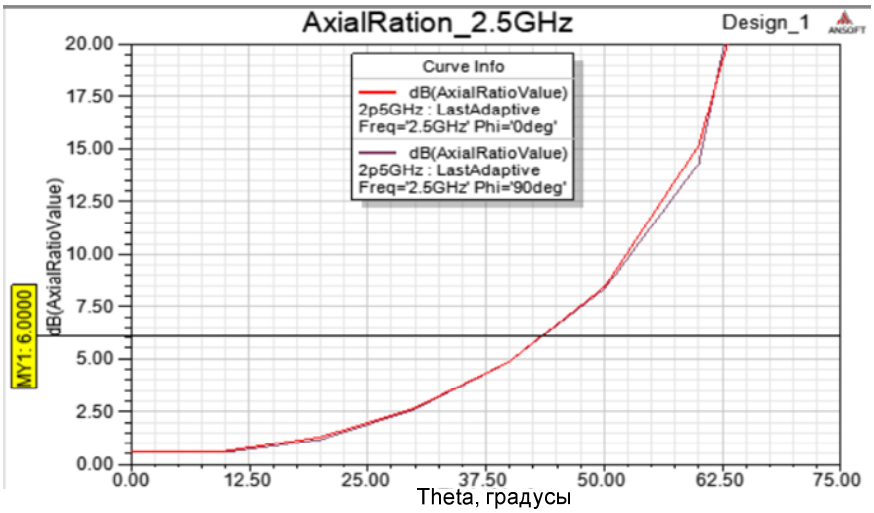


Рис. 5. Коэффициент поляризации на центральной частоте

Заключение

В ходе моделирования были выбраны оптимальные параметры для исследования излучающих характеристик. Сечение ДН по уровню 3 дБ не менее 78 градусов. Максимум ДН не превышает 6 дБ. Получен КСВ ниже уровня 2,0 на всем выбранном диапазоне от 2,4 ГГц до 2,7 ГГц. Коэффициент поляризации в поле излучения на углах главного лепестка ДН менее 6 дБ.

Таким образом, получены удовлетворительные излучающие характеристики для разработанной микрополосковой антенны на основе турникетного принципа для функционирования БПЛА.

Список литературы

1. Сазонов Д.М. Антенны и устройства СВЧ – М.: Высш. шк., 1988. – 432 с.

2. Фрадин А.З. Антенно-фидерные устройства. Учебн. gocобие для вузов связи — М.: «Связь», 1977. — 440 с.

УДК 621.396.67

РАЗРАБОТКА СХЕМЫ ПИТАНИЯ МИКРОПОЛОСКОВОЙ ТУРНИКЕТНОЙ АНТЕННЫ С КРУГОВОЙ ПОЛЯРИЗАЦИЕЙ

Д.С. Хомочкина, студент 1-го курса [1, a)]
Т.А. Иванюк, студент 1-го курса [1, a)]
[1] ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,
Севастополь, Российская Федерация
E-mail: [a)] cfomichiva@mail.ru

Научный руководитель: Е.А. Редькина, канд. техн. наук, доцент

Аннотация: Проведен анализ возможности реализации схема питания на основе моста Ланге для микрополосковой турникетной антенны. Рассчитаны геометрические параметры моста с учетом диапазона частот и параметров излучающей структуры. Исследованы характеристики схемы питания, а также входные и излучающие характеристики модели антенны с учетом схемы питания. Сделан вывод о сложности реализации моста для данного типа антенны и необходимости применения схемы питания другого типа, например, на основе сосредоточенного балансного делителя.
Ключевые слова: мост Ланге, балансный делитель, коэффициенты передачи, коэффициенты отражения, схема согласования.

DESIGN OF FEEDER SCHEME FOR A MICROSTRIP TURNSTILE ANTENNA WITH CIRCULAR POLARIZATION

D.S. Khomochkina [1, a)], **T.A. Ivanyuk** [1, a)]
[1] Sevastopol State University, Sevastopol, Russia
E-mail: [a)] cfomichiva@mail.ru

Scientific supervisor: E.A. Redkina, Ph.D. tech. Sciences, Associate Professor

Abstract: An analysis of the feasibility of implementing a Lange bridge-based feeder circuit for a microstrip turnstile antenna was done. The bridge's geometric parameters were calculated, taking into account the frequency range and radiating structure parameters. The feeder circuit characteristics, as well as the input and radiating characteristics of the antenna model, were studied, taking into account the feeder circuit. A conclusion was reached regarding the difficulty of implementing a bridge for the square type of antenna and the need to use a different type of feeder circuit, for example, based on a lumped balanced divider.
Keywords: Lange Bridge, balanced divider, transmission ratio, reflection coefficient.

Введение

Для обеспечения круговой поляризации микрополосковой антенны турникетного типа в качестве схемы питания должна быть предусмотрена микрополосковая структура с разделением на две точки возбуждения со сдвигом фаз 90 градусов.

Во многих антеннах и устройствах СВЧ применяются направленные ответвители на двух связанных микрополосковых линиях (МПЛ) [1]. Однако полоса рабочих частот получается относительно узкой, сложно также получить равное деление мощности на выходах. Данные недостатки могут быть устранены в ответвителе типа «мост Ланге», благодаря тому, что на участке связи расположено несколько «стержней» в виде отрезков полоска [2].

В работе представлены результаты анализа возможности применения моста Ланге в задаче формирования схемы питания для антенны с круговой поляризации турникетного принципа построения.

Методы

На первоначальном этапе разработки схема питания микрополосковой турникетной антенны с круговой поляризацией была выполнена на основе ответвителя Ланге (рис. 1). Рассчитаны ширина полосков *wd* и расстояния между ними *sd* по известной методике, описанной в книге СВЧ технике В. Фуско [2].

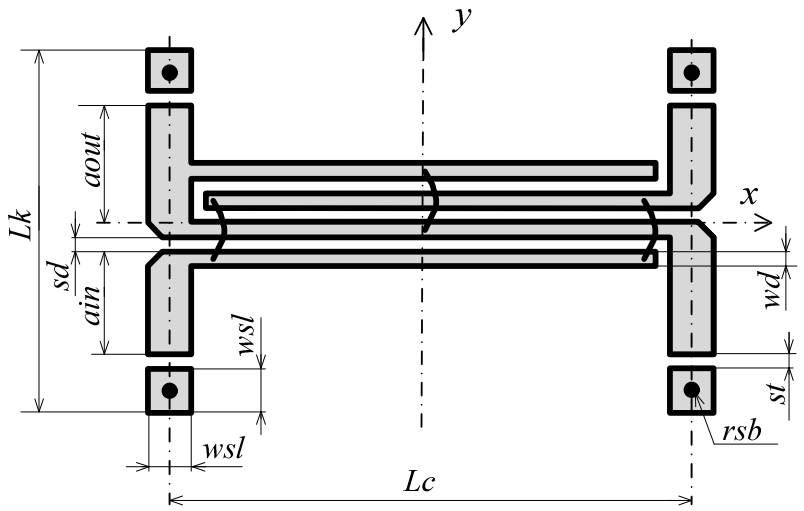


Рис. 1. Топология модели моста Ланге (4 стержня)

Выполнено численное моделирование схемы питания моста Ланге в САПР (рис. 2) при расчетных значениях ширины полосков *wd* и расстояния между ними *sd*. Получены коэффициентов передачи и коэффициентов отражения:

– коэффициент отражения S_{11} не превышает –8 дБ;

– коэффициент отражения S_{22} не превышает –8,2 дБ;

– коэффициент отражения S_{33} в среднем не превышает –6 дБ;

– коэффициент передачи S_{12} в среднем не ниже –1,12 дБ;

– коэффициент передачи S_{13} не ниже –12,1 дБ.

При расчетных значениях, коэффициент передачи одного плеча сильно отличаются от другого плеча в худшую сторону, при этом коэффициенты отражения на всех портах больше –10 дБ.

Методом приближения, изменяя *wd* и *sd*, получены окончательные коэффициенты отражения и передачи. Коэффициенты отражения в худшем случае не превышают –15 дБ, тогда как коэффициенты передачи несколько несимметричный потеря от 2 до 4 дБ. Сложности разработки моста Ланге выявились при обеспечении сдвига 90 градусов между выходными портами, а также в невозможности уменьшить взаимное влияние и баланс между плечами моста. Наиболее приемлемый результат для сдвига фаз — 125 градусов (рис. 3).

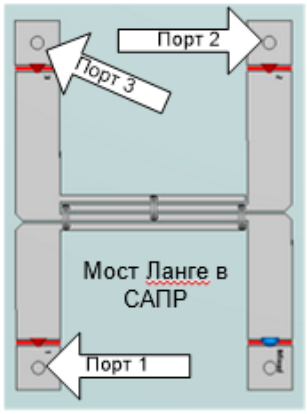


Рис. 2. Модель моста Ланге в САПР

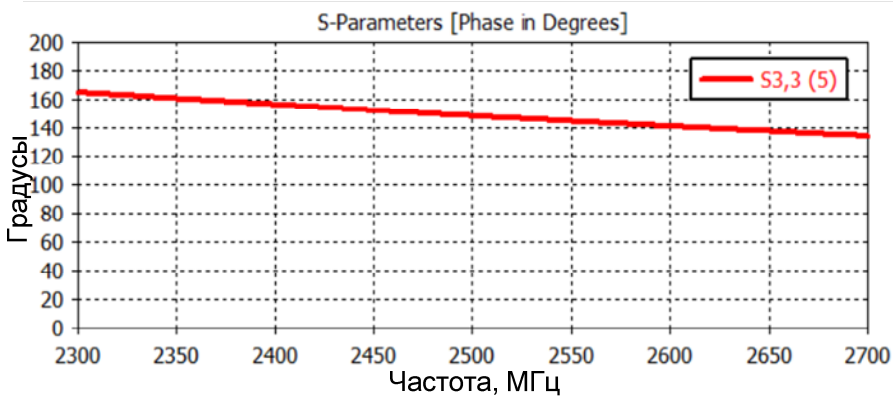


Рис. 3. График сдвига фаз между портами

Результаты

Исходя из полученных неудовлетворительных результатов по характеристикам схемы питания, было принято решение выполнить схему питания на основе сосредоточенного балансного делителя X3C22E1-03S [3].

Характеристики выбранного балансного делителя представлены в таблице 1, тогда как геометрические размеры и особенности применения в схеме питания представлены на рисунке 4.

Таблица 1. Основные характеристики балансного делителя

Frequency, MHz	Isolation, dB Min
1700—2700	23
Insertion Loss, dB Max	VSWR, M ax:1
0,15	1,15
Amplitude balance, dB Max	Phase, Degrees
± 0,25	90±0,4

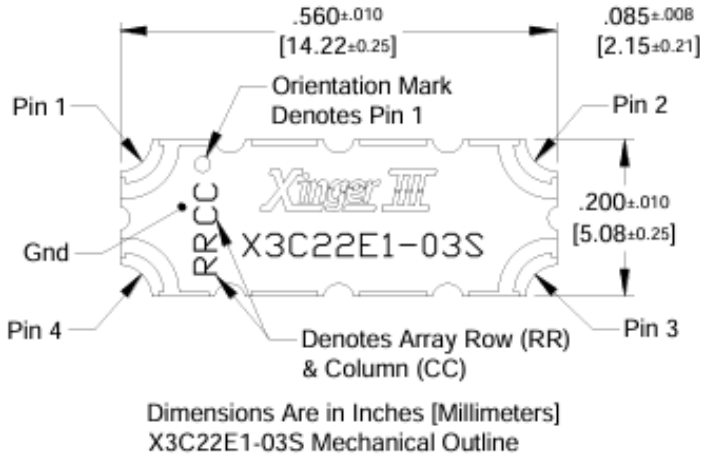


Рис. 4. Размерность балансного делителя

Заключение

Исследованы излучающие характеристики модели микрополосковой турникетной антенны при расчётных значениях ответвителя Ланге. Коэффициенты отражения не превысили –15 дБ, тогда как коэффициенты передачи оказались несимметричными: потеря от 2 до 4 дБ. Между выходными портами сдвига составил 125 градусов вместо ожидаемых 90 градусов. Таким образом, было принято решение выполнить схему питания на балансном делителе для улучшения излучающих характеристик.

В дальнейшем планируется провести исследования коэффициента передачи с включенным балансным делителем с учетом излучающей структуры.

Список литературы

1. Малютин Н.Д. Связанные полосковые линии и устройства на их основе / Н.Д. Малютин, А.Н. Сычев, Э.В. Семенов, А.Г. Лощилов. Томск, 2012. – В 2-х частях: Ч.1. – 176 с., Ч.2 – 244 с.

2. Фуско В. СВЧ цепи. Анализ и автоматизированное проектирование / В. Фуско. Перевод. А.А. Вольман, А.Д. Муравцов. – М.: Радио и связь, 1990. – 288 с.

3. Даташит X3C22E1-03S. Hybrid Coupler 3 dB, 90°. – URL: https://static.chipdip.ru/lib/537/DOC052537350.pdf (дата обращения: 10.11.2025).

УДК 621.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ЦЕЛОЧИСЛЕННОГО КОЭФФИЦИЕНТА ДЛЯ БЫСТРОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ФУРЬЕ С ЦЕЛЬЮ ПРИМЕНЕНИЯ В БЕСПРОВОДНОМ ПОДВОДНОМ КАНАЛЕ СВЯЗИ

С.А. Петрушин ассистент [1, а)],
Е.А. Редькина, канд. техн. наук, доцент, [1, б)],
И.Б. Широков, д-р техн. наук, профессор [1, в)],
[1] ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,
Севастополь, Российская Федерация
E-mail: [а)] Petrushinsevsa@yandex.ru, [б)] elenaredkina@gmail.com,
[в)] shirokov@ieee.org

Аннотация: в работе представлено математическое исследование алгоритма целочисленного быстрого преобразования Фурье (БПФ) применительно к особенностям подводного электромагнитного канала связи. Основное внимание уделено расчету и представлению значения ключевого коэффициента, необходимого для практической реализации данного метода.
Ключевые слова: Целочисленное БПФ, подводная электромагнитная связь, цифровая обработка сигналов, целочисленный коэффициент, быстрые алгоритмы

STUDY OF INTEGER COEFFICIENT FOR FAST FURIE TRANSFORMATION FOR APPLICATION IN WIRELESS UNDERWATER COMMUNICATION CHANNEL

S.A. Petrushin [1, a)], **E.A. Redkina** [1, b)], **I.B. Shirokov** [1, c)]
[1] Sevastopol State University, Sevastopol, Russia
E-mail: [a)] Petrushinsevsa@yandex.ru, [b)] elenaredkina@gmail.com,
[c)] shirokov@ieee.org

Abstract: The article presents a mathematical study of the integer Fast Fourier Transform (FFT) algorithm in application to the underwater electromagnetic communication channel. The focus is on the calculation and presentation of the key coefficient required for the practical implementation of this method.
Keywords: Integer FFT, Underwater Electromagnetic Communication, Digital Signal Processing (DSP), Integer Coefficient, Fast Algorithms.

Введение

Настоящее исследование продолжает разработку проекта подводного электромагнитного канала связи, основанного на технологии OFDM [1, 2]. Ключевым вычислительным ядром реализации OFDM-модулятора и

демодулятора выступает алгоритм быстрого преобразования Фурье (БПФ). Классическая реализация БПФ с использованием арифметики с плавающей запятой сопряжена с необходимостью обработки дробных значений, что повышает сложность их точного восстановления на приёмной стороне. Перспективной альтернативой выступает целочисленное БПФ, основной проблемой которого, однако, является значительная ошибка квантования.

В целях минимизации данной погрешности в работе предлагается применять специализированный поправочный коэффициент. Данный подход позволяет существенно снизить ошибку вычислений без пропорционального роста служебной нагрузки и объёма передаваемых данных. В статье приводятся результаты математического анализа и определения оптимального коэффициента, направленного на эффективную реализацию целочисленного БПФ для применений в подводной связи.

Методика исследования

Данная работа направлена на поиск оптимального коэффициента масштабирования для целочисленной реализации быстрого преобразования Фурье (БПФ), предназначенной для использования в подводном электромагнитном канале связи. Исследование проводилось в среде математического моделирования MathCAD.

Были разработаны и реализованы алгоритмы прямого и обратного БПФ для 32 поднесущих, из которых 20 являются информационными, а 12 – пилотными. Для минимизации вычислительной сложности, характерной для операций с плавающей запятой, все вычисления выполнялись в целочисленной арифметике. Поворотные коэффициенты и входные данные предварительно масштабировались на исследуемый коэффициент KK, что позволяет в дальнейшем заменить операцию деления на битовый сдвиг, что критически важно для эффективной аппаратной реализации на ПЛИС.

Анализ проводился для коэффициентов, кратных степеням двойки, в диапазоне от 2^9(512) до 2^{16}(65536). Для каждой конфигурации выполнялась последовательность: прямое, а затем обратное БПФ. Для оценки точности восстановления сигнала рассчитывалась относительная ошибка для действительной (Δre) и мнимой (Δim) частей каждой поднесущей по формулам:

$$\Delta re = \frac{|re_{пол} - re_{исх}|}{|re_{исх}|} \cdot 100\%, \quad \Delta im = \frac{|im_{пол} - im_{исх}|}{|im_{исх}|} \cdot 100\%,$$

где $re_{пол}$ и $im_{пол}$ — восстановленные значения, $re_{исх}$ и $im_{исх}$ — исходные значения. Итоговая оценка точности для каждого коэффициента x определялась как:

$$x = \sqrt{\Delta re_{\max}^2 + \Delta im_{\max}^2},$$

где $\Delta re_{\max}$ и $\Delta im_{\max}$ — максимальные значения относительной ошибки для действительной и мнимой составляющих в рамках тестового прогона.

Для оценки устойчивости метода анализ был проведен для четырех различных конфигураций расположения пилот-поднесущих в частотном

спектре: сосредоточенных в начале, в конце, распределенных блоками (начало, середина, конец) и равномерно распределенных.

Анализ результатов

Проведенное исследование выявило четкую зависимость между величиной коэффициента масштабирования x, точностью преобразования и ресурсоемкостью алгоритма. Как и ожидалось, с увеличением x ошибка квантования уменьшалась, однако это приводило к пропорциональному росту разрядности обрабатываемых данных и, как следствие, к повышению требований к аппаратным ресурсам — объему памяти и количеству логических элементов ПЛИС.

Анализ показал, что конфигурация пилот-сигналов не оказывает решающего влияния на общую тенденцию, что подтверждает устойчивость предложенного подхода.

На основе компромисса между точностью и ресурсоемкостью был определен оптимальный коэффициент x=1024 (10 бит). Данное значение обеспечивает относительную ошибку восстановления сигнала на уровне 1.2%, что является приемлемым для целевого подводного канала связи, при этом сохраняя умеренные требования к вычислительным ресурсам для последующей реализации на ПЛИС. Графическая зависимость ошибки от величины коэффициента представлена на рис. 1.

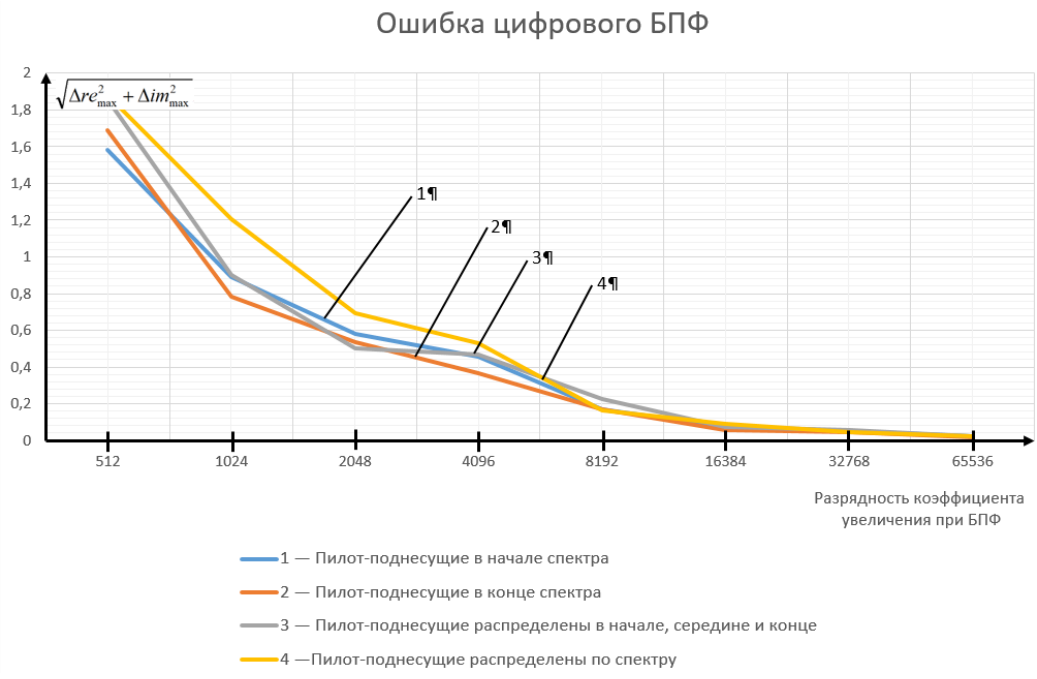


Рис. 1. Ошибка цифрового БПФ

Заключение

Таким образом, в работе проведен комплексный математический анализ коэффициентов масштабирования для целочисленного БПФ. Установлено, что коэффициент K=1024 обеспечивает оптимальный баланс между высокой

точностью преобразования (максимальная относительная ошибка не превышает 1.2%) и приемлемой ресурсоемкостью. Полученные результаты являются основой для дальнейшей разработки и аппаратной реализации эффективного модуля цифровой обработки сигналов в составе подводного электромагнитного канала связи на базе технологий OFDM/FBMC.

Список литературы

1. Петрушин С.А. Технология FBMC для подводной беспроводной связи / С.А. Петрушин, И.Б. Широков, Е.А. Редкина // Труды 2024 9-й Всероссийской конференции по СВЧ (RMC). – IEEE, 2024. – С. 126–129.

2. Petrushin S.A. Study of the signal conditioning module for the receiving and transmitting path based on FBMC technology / S.A. Petrushin, E.A. Redkina // Recent Achievements and Prospects of Innovations and Technologies. – 2024. – No. 3(3). – P. 339-347. (дата обращения: 21.11.2024).

УДК 616.28

МОДЕЛЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЧАСТОТНЫХ ДИАПАЗОНОВ ДЛЯ СИСТЕМ КОХЛЕАРНОЙ ИМПЛАНТАЦИИ

А.В. Трушкина, студент 4-го курса [1, a)]
[1] ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,
Севастополь, Российская Федерация
E-mail: [a)] subridenssum@mail.ru

Научный руководитель: Ю.Н. Тыщук, канд. тех. наук, доцент

Аннотация: В кохлеарных имплантах определение наиболее оптимального диапазона частот для заданного количества электродов является ключевой задачей, напрямую влияющей на качество звукового восприятия. В данной статье представлены результаты расчётов диапазонов частот для количества электродов 12 и 16 и проанализированы преимущества и недостатки каждого из вариантов.
Ключевые слова: кохлеарный имплант, обработка звука, цифровая обработка сигналов, диапазоны частот, динамический диапазон.

FREQUENCY BAND DISTRIBUTION MODEL FOR COCHLEAR IMPLANTATION SYSTEMS

A.V. Trushkina [1, a)]
[1] Sevastopol State University, Sevastopol, Russian Federation
E-mail: [a)] subridenssum@mail.ru

Scientific supervisor: Yu.N. Tyshchuk, Associate Professor of the Department of Radioelectronics and Telecommunications

Abstract: In cochlear implants, determining the most optimal frequency range for a given number of electrodes is a key task that directly affects the quality of sound perception. This article presents the results of calculations of frequency ranges for the number of electrodes 12 and 16 and analyzes the advantages and disadvantages of each of the options.
Keywords: cochlear implant, sound processing, digital signal processing, frequency ranges, dynamic range.

Основная часть

Кохлеарный имплант (КИ) — это совершенное и технологичное устройство компенсации слуха, которое путём воздействия электрических импульсов на слуховой нерв позволяют пациентам воспринимать звуки и речи.

В общем случае КИ состоит из двух частей: внутренней, которая имплантируется пациенту вблизи височной кости и внешней, которая состоит из передатчика, связанного магнитной связью с внутренней частью, а также внешней части (корпуса), который носится за ухом и включает в себя: микрофон или решетку микрофонов, речевой процессор и блок питания системы [1].

В основе принципа работы КИ лежит принцип кодирования частоты звука в ушной улитке. Волосковые клетки в улитке, расположены таким образом, что в начальной части улитке располагаются клетки, которые кодируют звук высоких частот (от 5 до 20 кГц) по мере движения ближе к вершине улитки волосковые клетки стимулируются все более низкими частотами. Вершина улитки чувствительна к низким частотам (от 20 до 250 Гц). Между основанием и вершиной расположена средняя часть улитки, которая стимулируется диапазоном частот (от 250 Гц до 5 кГц).

У человеческого слуха есть ряд основных характеристик, к ним относится, например, порог слуха, частотный, динамический и дифференциальный диапазоны слуха. Наибольший интерес в рамках данного исследования представляет частотный диапазон слуха – диапазон звуков по частоте, который воспринимает человек. При нормальном слухе диапазон составляет от 20 Гц до 20 кГц, при ухудшении слуха по причине болезни или же возрастных изменений диапазон также меняется и становится меньше, к примеру, у человека в возрасте 80 лет частотный диапазон составляет от 20 Гц до 8 кГц. Важно отметить, что частота тона мужского голоса варьируется от 70 до 180 Гц, а у женщин от 180 до 330 Гц.

Диапазон уровней звука, которые воспринимает человек, называется динамическим диапазонов слуха. При нормальном слухе он составляет 130 дБ, с нарушениями слуха частотный и динамический диапазон сужаться, в связи с чем человек слышит меньшее количество частот.

Так как с возрастными изменениями человека, связанными с шумовым воздействием звуков более высоких частот, его диапазоны слышимых частот сужаются, к примеру, по некоторым данным, которыми оперируют сурдологи, человек в возрасте до 30 лет должен слышать до 16 кГц, а до 50 лет до 12 кГц, а до 8 кГц должны слышать абсолютно все. По некоторым исследованиям для комфортной жизни человеку необходимо слышать до 5-8 кГц этого будет хватать для комфортного восприятия речи и большинства видов музыки. В таблице 1 приведены основные диапазоны частот для различных источников звуков. Важно отметить, что в источниках звука, которые представлены различными музыкальными инструментами, учитывается их диапазон частот без учёта особенностей различных звучаний, к примеру, таких как обертон.

Таблица 1. Источники звука и их диапазоны

Источник звука	Диапазон частот
Динамик мобильного телефона	300–8000 Гц
Радиовещание	30-15 кГц
Человеческий голос	100-4000 Гц
Флейта	240-2300 Гц
Контрабас	40-300 Гц
Виолончель	65-880 Гц
Акустическая и электрическая гитара	80-1600 Гц
Рояль, фортепиано	27-4200 Гц

В кохлеарных имплантах ключевым фактором является выбор максимальной частоты, так как от этого напрямую зависит, на каком расстоянии и на каких частотах друг от друга в ушной улитке будут располагаться электроды у человека. Для человеческого уха на основе экспериментальных данных была получена формула, которая представлена ниже, она позволяет рассчитать распределение частот, воспринимаемых ухом для улитки для человека [2]:

$$FG_H(x) = 0.1654 \text{ кГц}\left(\exp\frac{(0.13815(35mm - x)}{1mm}\right) - 1.$$

В результате её вычисления получается частота и место в спирали улитки на которое необходимо установить электрод для получение определенной частоты. В формуле значение 35 мм является общей длинной ушной улитки, а x – изменяемым значением, которое подбирается согласно изначально выбранной максимальной частоте.

В современных кохлеарных имплантах используется электродная решетка, которая, как правило, состоит из электродов в количестве от 8 до 22 [3]. Наиболее часто используемые пациентами системы КИ содержат в себе количество электродов 12 и 16. Так как это наилучшее сочетание цены, качества звука и безопасности при проведении медицинского вмешательства для его установки.

Максимальная частота будет выбрана равной 10 кГц и 6 кГц, так как в диапазоны до этих частот попадает весь возможный спектр частот человеческого голоса, большинство музыкальных инструментов и часто используемые человеком источники звука.

Для выбранной максимальной частоты 6 кГц расчётное значение x=9, при этом действительное значение максимальной частоты равно 5.839 кГц. Следовательно, используется часть улитки от 9 мм до 35 мм включительно. Разные выборы значения x для разного количества электродов связано, прежде всего, с слишком точными и нереализуемыми практически значениями расстояния для установки электродов, которые в реальных условиях не выполнимы.

Так как в результате расчёта мы получаем центральную частоту, то необходимо определить диапазоны в пределах которой она будет находиться. По формуле приведенной ниже необходимо рассчитать среднегеометрическое значение от двух соседних интервалов, f_1 и f_2 соответственно. В результате вычисления мы получим границы интервалов, в пределах которых будет задан диапазон частот.

$$f_0 = \sqrt{f_{min} \cdot f_{max}}$$

Минимальная и максимальная частота для всего диапазона рассчитывается путём выражения необходимого значения из формулы для нахождения среднегеометрического.

В таблицах 2, 3 представлены полученные диапазоны частот, центральная частота и расположение в мм для максимальной частоты f_{max} = 6 кГц и 8 кГц и для числа электродов 12 и 16. При этом $f_1 \ldots f_2$ – полученный диапазон частот, а f_0 – центральная частота.

Таблица 2. Значения диапазонов частот для 12 электродов

Номер электрода	$f_1 \ldots f_2$ если f_{max} = 6 кГц	f_0	Местоположение, мм	$f_1 \ldots f_2$ если f_{max} = 10 кГц	f_0	Местоположение, мм
1	0.039…0.09	0.059	32.8	0.044…0.106	0.068	32.5
2	0.09…0.184	0.138	30.6	0.106…0.223	0.165	30
3	0.184…0.311	0.246	28.4	0.223…0.385	0.301	27.5
4	0.311…0.481	0.392	26.2	0.385…0.614	0.493	25
5	0.481…0.713	0.591	24	0.614…0.937	0.765	22.5
6	0.713…1.025	0.859	21.8	0.937…1.393	1.148	20
7	1.025…1.449	1.223	19.6	1.393…2.037	1.69	17.5
8	1.449…2.023	1.716	17.4	2.037…2.947	2.456	15
9	2.023…2.801	2.384	15.2	2.947…4.232	3.537	12.5
10	2.801…3.855	3.29	13	4.232…6.047	5.064	10
11	3.855…5.283	4.517	10.8	6.047…8.619	7.222	7.5
12	5.283…7.216	6.18	8.6	8.619…12.245	10.269	5

Кратко проанализируем каждый из полученных результатов.

Половина от 12 электродов задействована в диапазоне до 1 кГц, при этом вторая половина обеспечивает оставшийся диапазон до 7.3 или 12.45 кГц. Связано это, прежде всего, с необходимостью для человека в наибольшей

детализации звука именно в диапазоне более нижних частот. В случае для 16 электродов можно заметить аналогичную ситуацию.

Таблица 3. Значения диапазонов частот для 16 электродов

Номер электрода	$f_1 \dots f_2$ если f_{max} = 6 кГц	f_0	Местоположение, мм	$f_1 \dots f_2$ если f_{max} = 10 кГц	f_0	Местоположение, мм
1	0.028…0.063	0.042	33.35	0.032…0.073	0.048	33.15
2	0.063…0.125	0.096	31.7	0.073…0.145	0.11	31.3
3	0.125…0.2	0.162	30.05	0.145…0.237	0.191	29.45
4	0.2…0.294	0.246	28.4	0.237…0.355	0.294	27.6
5	0.294…0.413	0.352	26.75	0.355…0.507	0.428	25.75
6	0.413…0.561	0.484	25.1	0.507…0.704	0.601	23.9
7	0.561…0.747	0.65	23.45	0.704…0.958	0.824	22.05
8	0.747…0.981	0.859	21.8	0.958…1.286	1.113	20.2
9	0.981…1.275	1.121	20.15	1.286…1.708	1.485	18.35
10	1.275…1.645	1.451	18.5	1.708…2.254	1.965	16.5
11	1.645…2.109	1.865	16.85	2.254…2.96	2.586	14.65
12	2.109…2.691	2.384	15.2	2.96…3.87	3.387	12.8
13	2.691…3.423	3.037	13.55	3.87…5.045	4.421	10.95
14	3.423…4.342	3.857	11.9	5.045…6.563	5.757	9.1
15	4.342…5.496	4.887	10.25	6.563…8.522	7.481	7.25
16	5.496…6.949	6.18	8.6	8.522…11.059	9,708	5.4

Очевидно, что с количеством электродов увеличивается и детализация звука. Следовательно, наиболее лучший вариант — это использование 16 электродов.

Заключение

Можно заметить, что в результате расчёта диапазонов частот максимальная частота увеличилась, к примеру, в случае для 12 электродов максимальная центральная частота 6.18 кГц, но последний диапазон частот для 12 электрода включает в себя максимальную граничную частоту 7.216 кГц. Связано это, прежде всего, с тем, что при расчёте среднегеометрического значения максимальная частота становится больше, что является погрешностью. Максимальная частота для кохлеарного импланта определяется, прежде всего, максимальной центральной частотой, так как именно от нее зависит расположение электродов в ушной улитке человека.

Также важно заметить, что вне зависимости от выбранной максимальной центральной частоты для любого количества электродов около половины от их общего числа выделяется на диапазон частот до 1 кГц, что обеспечивает лучшее восприятие и детализацию, прежде всего, человеческой речи.

Подытожив все вышеизложенное, можно сделать следующий вывод. В кохлеарных имплантах лучшую комбинацию из качества звука и стоимости обеспечивает устройство с 12 и 16 электродами.

Список литературы

1. Королева И.В. Кохлеарная имплантация глухих детей и взрослых // СПб: КАРО, 2012. 752 с.

2. Choi C., Lee Y. Cochlear Implants and Hearing Cochlear Implant Res. Updat. 2012. Vol. 2. No 2005. P. 7–13.

3. Тавартикалдзе Г.А. Клиническая аудиология. Национальное руководство. В 3 томах. Том 2. // Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2024. 416 с.

УДК 004.052.44

ОБЗОР МЕТОДОВ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОГО КОДИРОВАНИЯ ДАННЫХ

Д.А. Орлова, студент [1, а)],
М.А. Дурманов, канд. техн. наук [1, б)]
[1] ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,
Севастополь, Российская Федерация
E-mail: [а)] amarillicc@yandex.ru, [б)] madurmanov@sevsu.ru

Аннотация: Рассматриваются современные методы помехоустойчивого кодирования. Объяснены принцип работы, особенности кодирования и декодирования. Представлены примеры использования каждого метода кодирования для передачи данных в телекоммуникациях.
Ключевые слова: помехоустойчивое кодирование, LDPC, турбо код, полярный код, свёрточное кодирование.

OVERVIEW OF NOISE-RESISTANT DATA ENCODING METHODS

D.A. Orlova [1, а)], **M.A. Durmanov** [1, б)]
[1] Sevastopol State University, Sevastopol, Russia
E-mail: [a)] amarillicc@yandex.ru, [b)] madurmanov@sevsu.ru

Abstract: Modern methods of noise-resistant coding are considered. The principle of operation, encoding and decoding features are explained. Examples of the use of each encoding method for data transmission in telecommunications are presented.
Keywords: noise-resistant coding, LDPC, turbo code, polar code, convolutional coding.

Введение

Одной из ключевых областей применения кодирования является радиосвязь, где помехоустойчивые коды позволяют передавать большие

объемы цифровой информации с минимальным количеством ошибок. Свои реализации имеют как давно известные сверточные и LDPC коды, так и достаточно новые турбо и полярные коды. Широкое применение помехоустойчивого кодирования в современных цифровых системах связи обусловлено тем, что оно является эффективным средством приведения параметров системы к желаемому компромиссу между достоверностью передачи, необходимой мощностью и пропускной способностью. В данной работе будут рассмотрены основные методы помехоустойчивого кодирования данных с примерами применения в телекоммуникационных системах.

Методы

Настоящий обзор направлен на анализ современных методов помехоустойчивого кодирования данных. Поиск литературы проводился в базах данных IEEE Explore, arXiv, а также в материалах конференций.

Критериями включения стали: рецензируемые статьи конференций и журналов, описывающие архитектуры моделей помехоустойчивого кодирования, а также авторитетные обзорные статьи и ключевые исторические работы (приоритет отдавался публикациям за последние 5 лет — 2020–2025 гг., за исключением основополагающих работ). Критериями исключения стали: публикации, в которых помехоустойчивое кодирование не является основной темой (упоминается поверхностно), дублирующиеся публикации, не академические источники.

В настоящее время известно большое количество достаточно мощных кодов с высокой исправляющей способностью при высоких информационных скоростях. Однако их применение ограничено сложностью реализации оптимальных декодеров, обеспечивающих минимум вероятности ошибочного декодирования. В зависимости от выполняемых задач, требований к скорости и объемам передаваемых данных, можно выделить четыре метода кодирования: свёрточный, LDCP, турбо и полярный коды. Далее подробнее рассмотрим каждый из них с примерами реализаций в телекоммуникационных сетях.

В основе свёрточных кодов лежит операция линейной дискретной сверстки, последовательность символов на выходе кодера можно рассматривать как свертку импульсной характеристики кодера с входной последовательностью информационных символов. Из особенностей данного метода кодирования можно выделить то, что свёрточные коды, в отличие от предшествующих им блочных, являются непрерывными и не нуждаются в блоковой синхронизации, а также обладают высокой скоростью обработки информации и корректирующей способностью как случайных, так и пакетных ошибок. В общем виде кодер можно представить в виде элементов: регистр сдвига, сумматор по модулю 2, коммутатор. Пример несистематического кодера представлен на рис. 1 [1].

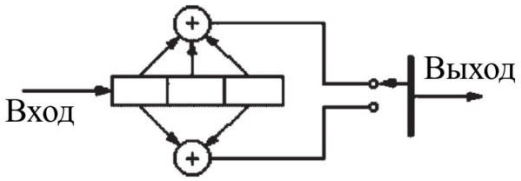


Рис. 1. Пример кодера несистематического свёрточного кода

Свёрточные коды с использованием декодера Витерби оптимальны и достаточно просты в реализации для коротких свёрточных кодов. Алгоритм Витерби является одним из методов максимального правдоподобия и работает на основе вычисления метрики состояний при декодировании. Он позволяет обработать и выделить исправленные биты из зашумленных данных при передаче.

Свёрточные коды широко используются для обеспечения надежной передачи данных во многих приложениях, таких как цифровое видео, радио, мобильная связь (например, в сетях GSM, GPRS, EDGE и 3G (до версии 7 3GPP)) и спутниковая связь. Эти коды часто реализуются в конкатенации с кодом жесткого решения, в частности, Рида – Соломона. До турбо-кодов такие конструкции были наиболее эффективными, приближаясь к пределу Шеннона.

Турбо код является комбинацией двух или более простых сверточных кодов, работающих параллельно вместе с перемежителем. Параллельный турбо-кодер состоит из компонентных кодеров, обрабатывающих информационные разряды параллельно, перемежителя, преобразовывающего входную последовательность так, чтобы комбинации разрядов, соответствующие кодовым словам с низким весом на выходе первого кодера, были преобразованы в комбинации, дающие кодовые слова с высоким весом на выходах остальных кодеров, и мультиплексора, объединяющего входные разряды в выходной поток по определённому алгоритму. На рис. 2 представлена схема кодека турбо кода, впервые представленная в работе "Near Shannon Limit Error-correcting Coding and Decoding: Turbo-codes" [2].

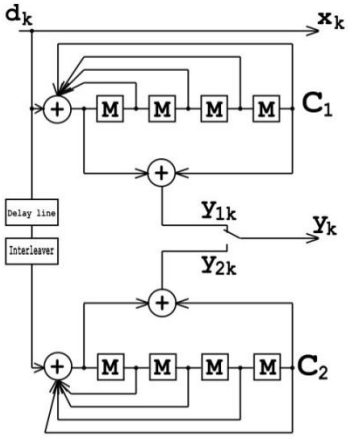


Рис. 2. Схема кодера турбо кода

Итеративное декодирование является ключевой особенностью турбо декодеров. «Мягкая» оценка достоверности декодированного бита позволяет

достичь выдающихся характеристик помехоустойчивости, близких к теоретически достижимым значениям при умеренной сложности реализации кодеков [3]. Турбо коды находят широкое применение в телекоммуникационных сетях (3G, 4G) [4], спутниковой связи [5] и цифровом видео.

LDPC (Low-Density Parity-Check) код — это блочные коды, которые используют разреженную проверочную матрицу (матрица, содержащая много нулей и мало единиц). LDPC коды характеризуются матрицей проверок четности, в которой большинство элементов равны нулю. Это означает, что каждый бит данных участвует только в небольшом количестве проверок четности, что в свою очередь позволяет упростить процесс декодирования, что делает LDPC коды вычислительно эффективными. Для того чтобы показать принцип работы матрицы проверки на четность, часто используют граф Теннера. Пример матрицы H(4,8) и соответствующего ей графа Теннера представлен на рис. 3. А так как LDPC коды могут достигать производительности, близкой к теоретическому пределу Шеннона, это также позволяет передавать данные с минимальными затратами энергии. На основе LDPC кодов возможно реализовать высокоэффективные итеративные алгоритмы декодирования.

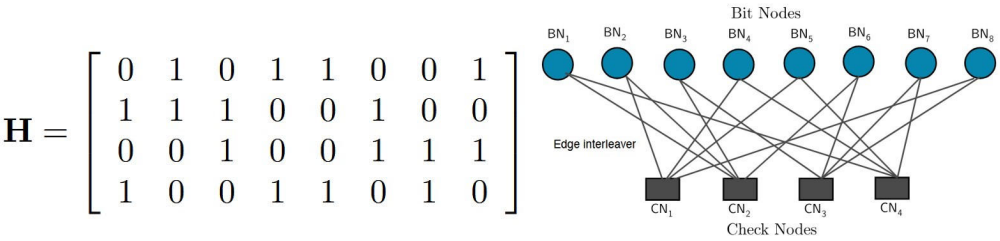


Рис. 3. Матрица проверки на четность H(4,8) и соответсвующий граф Теннера

LDPC коды способны исправлять большое количество ошибок, возникающих при передаче данных. Это повышает надежность передачи данных, особенно в условиях сильного шума или помех, а также делает их универсальными и применимыми в различных сценариях, от беспроводных коммуникаций до хранения данных. На данный момент LDPC код является современным стандартом для высокоскоростной и надежной связи. LDPC коды используются в стандартах Wi-Fi (802.11ac/ax) [6], 5G [7], и во многих современных БПЛА для передачи телеметрии и управления.

Полярные коды являются классом линейных (то есть для построения необходимо получить порождающую матрицу кода) блочных кодов с высокими корректирующими свойствами. Полярные коды могут использоваться для любой скорости передачи и для любой длины, которая меньше максимальной длины кода, благодаря их адаптивности [8]. Граф полярного кода (8, 4) представлен на рис. 4.

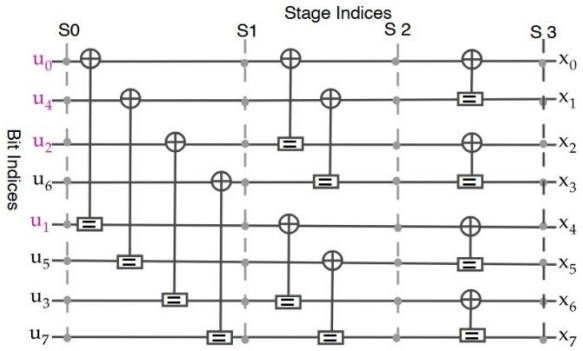


Рис. 4. Граф полярного кода (8, 4)

Как видно из рисунка, передача информации осуществляется только по «хорошим» подканалам (на рис. 4 отмечены черным), для плохих каналов (на рис. 4 отмечены розовым) значение передаваемых бит фиксируется, или замораживается. Выбор замороженных бит строится для различных каналов:

1) непосредстенным вычислением вероятностей ошибок (BEC, BSC);

2) с помощью моделирования.

Полярные коды могут быть систематическими и несистематическими. Это новейший класс кодов, выбранный в качестве стандарта для каналов управления в 5G (eMBB) [7, 8]. Также ведется работа над декодерами полярного кода, работающего с использованием ИИ (NPD). Они могут работать вместе с SC схемами кодирования и декодирования [9].

Результаты

Показано, что в сравнении с широко использующимися свёрточными и турбо кодами существуют и более актуальные решения для помехоустойчивого кодирования, такие как LDPC и полярные коды с примерами использования в телекоммуникациях.

Заключение

Рассмотрены современные методы помехоустойчивого кодирования, такие как: свёрточный, LDCP, турбо и полярный коды. Для каждого метода приведены принцип работы, основные особенности, актуальность и применение в телекоммуникационных системах.

Список литературы

1. Никитин Г.И. Сверточные коды: Учеб.пособие // СПбГУАП. СПб., 2001.

2. Berrou C., Glavieux A., Thitimajshima P. Near Shannon Limit Error – Correcting // Proceedings of IEEE International Communications Conference, vol. 2. 1993, p. 1064–1070.

3. Thomson B. Advanced Error Correction Enables Broadband Wireless // Wireless Systems Design. 2000, p. 1–5.

4. Jungsub B. «3GPP2/3GPP Coding Turbo code and Turbo Interleaver Summary» // CDMA-2000 3GPP2 C.S0002-C Version 2.0, p. 201–203.

5. J. Ni. Turbo Codes in Satellite Communication // 2022 IEEE 4th International Conference on Civil Aviation Safety and Information Technology (ICCASIT). 2022, p. 1146–1150.

6. Mahdi A., Kanistras N., Paliouras V. A Multirate Fully Parallel LDPC Encoder for the IEEE 802.11n/ac/ax QC-LDPC Codes Based on Reduced Complexity XOR Trees // IEEE Transactions on Very Large Scale Integration (VLSI) Systems, vol. 29, no. 1. Jan. 2021, p. 51–64.

7. Patil M.V., Pawar S., Saquib Z. Coding Techniques for 5G Networks: A Review // 2020 3rd International Conference on Communication System, Computing and IT Applications (CSCITA). 2020, p. 208–213.

8. Mody Sy. Demystifying 5G Polar and LDPC Codes: A Comprehensive Review and Foundations // TechRxiv. 2025, p. 1– 5.

9. Arikan E. Channel Polarization: A Method for Constructing CapacityAchieving Codes for Symmetric Binary-Input Memoryless Channels // IEEE Transactions on Information Theory, 55 (7). 2009, p. 3051–3073.

Секция 6

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ В ОБЩЕСТВЕ И ЭКОНОМИКЕ



Section 6

DIGITAL TRANSFORMATION IN SOCIETY AND ECONOMY

УДК 330.4

ЭВОЛЮЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ АССОРТИМЕНТОМ И ЗАПАСАМИ В ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКЕ – КЛАСТЕРИЗАЦИЯ ВРЕМЕННЫХ ПАТТЕРНОВ ДЛЯ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫХ РЕШЕНИЙ

Б.В. Воронин, аспирант [1, а)]
М.С. Алимова, кандидат экономических наук [1, б)]
[1] МФПУ «Синергия», Москва, Российская Федерация
E-mail: vorborv@mail.ru, mashasms1@gmail.com

Аннотация: В цифровой экономике спрос перетекает в онлайн-каналы – маркетплейсы с «бесконечной полкой», реализующие бизнес-модель «длинный хвост» (long tail), в которой совокупный вклад множества нишевых товаров сопоставим с вкладом ограниченного числа хитов. Это усложняет управление запасами – спрос становится прерывистым, распределения асимметричными, количество товаров огромным. В статье показывается, как базовая стохастическая постановка задачи управления запасами (модель «газетчика», EOQ и др.) переходит к вероятностной и разделяющей логике, основанной на формах спроса, его распределениях и "критической квантили". Обосновывается неизбежность принятия бизнесом рыночной модели «длинный хвост». Вводится подход паттерн-ориентированного управления для формирования однородных групп, внутри которых осуществляется выбор параметров управления запасами.
Ключевые слова: цифровая экономика, «длинный хвост», управление запасами, прерывистый спрос, кластеризация временных рядов, временные паттерны, DTW, уровень сервиса.

EVOLUTION OF ASSORTMENT AND INVENTORY MANAGEMENT IN THE DIGITAL ECONOMY – TIME-PATTERN CLUSTERING FOR DIFFERENTIATED DECISIONS

B.V. Voronin [1, а)], **M.S. Alimova** [1, в)]
[1] Moscow Financial and Industrial University "Synergy", Moscow, Russia
E-mail: [а)] vorborv@mail.ru, [в)] mashasms1@gmail.com

Abstract: In the digital economy, demand is shifting to online channels—marketplaces with an “infinite shelf” that implement the long-tail business model, in which the aggregate contribution of numerous niche products is comparable to that of a limited number of bestsellers. This increases the complexity of inventory management: demand becomes intermittent, distributions become asymmetric, and the number of items is enormous. The paper shows how the basic stochastic

formulation of inventory management (the newsvendor model, EOQ, etc.) evolves toward a probabilistic and segregating logic based on demand shapes, demand distributions, and the “critical fractile”. The inevitability of businesses adopting the long-tail market model is substantiated. A pattern-oriented management approach is introduced to form homogeneous groups, within which inventory-control parameters are selected.
Keywords: digital economy, long tail, inventory management, intermittent demand, time-series clustering, temporal patterns, DTW, service level

Введение

Научная новизна основывается на: изложении сжатой эволюционной схемы перехода от классических моделей запасов к дифференцированному управлению в рамках бизнес-модели «длинный хвост» [20, 23] и обосновании связи кластеризации временных рядов спроса с вероятностной оценкой и выбором уровней сервиса и параметров запасов на уровне кластеров [10, 12].

Практическая значимость заключается в описании: перехода от индивидуальной настройки параметров запасов к кластерной настройке по временным паттернам [18, 27], формализации эффективности модели «длинный хвост» [4, 22], предложение издержко-ориентированных критериев оптимизации [9, 25], интеграции кластеризации временных рядов в цифровые цепи поставок [17, 13].

Цифровая экономика – система, где создание стоимости опирается на данные, цифровую инфраструктуру и сетевые эффекты, а границы рынков размываются [19]. В логистике – цифровизация цепей поставок: интеграция инфопотоков, платформенные решения и real-time аналитика [17, 13]. Маркетплейсы – ключевые операторы рынка торговли с «бесконечной полкой», позволяют радикально расширять ассортимент – новые товары добавляются с малыми предельными затратами [1], при этом логистика централизуется на инфраструктуре платформы (фулфилмент). Рыночная модель "long tail" ("длинный хвост") показывает, что по мере снижения транзакционных и операционных издержек выручка всё больше смещается из «головы» (хиты) в «хвост» редких товаров [4, 23].

Продавцы вынуждены расширять ассортимент и в ширину, и в глубину, а спрос становится прерывистым (редким, нерегулярным, с множеством нулей и отдельными всплесками) – должен быть обеспечен высокий уровень сервиса не только по «хитам», но и по «хвостовым» товарам.

Вкусы пользователей распределены далеко не только вокруг мейнстрима, значимую часть спроса генерируют «эксцентричные» предпочтения, обращённые к нишевым товарам [22]. Изменяется и поведение покупателей – сообщения о дефиците влияют на частоту покупок и профиль ежедневных продаж [11], а в управленческих решениях по запасам проявляется gambler’s fallacy [5].

Исторически управление запасами развивалось как часть вероятностной и оптимизационной теории, в начале 20-го века были сформулированы задачи

выбора запаса при случайном спросе как минимизация ожидаемых суммарных издержек дефицита и излишков [6, 14, 21]. Если случайный спрос: D, уровень запаса: S, стоимость дефицита: p, стоимость хранения: h, тогда издержки:

$$C(S) = p\mathrm{E}[(D-S)_+] + h\mathrm{E}[(S-D)_+],$$

При непрерывном распределении спроса $F_D(x)$ оптимальный запас S^* определяется формулой «критической квантили»: $S^* = F_D^{-1}\left(\frac{p}{p+h}\right)$.

Отношение $\frac{p}{p+h}$ задаёт баланс рисков: предельное снижение ожидаемых потерь от дефицита при увеличении S в оптимуме равно предельному росту издержек хранения, на этом строится почти вся теория запасов [16].

В модели EOQ задаётся «стоимостный язык» управления – компромисс между частотой заказов и уровнем запасов [11]. Затраты определяются как: размещение заказов: $\frac{D}{Q}K$ и хранение: $\frac{Q}{2}h$, что определяет оптимальный размер заказа: $Q^* = \sqrt{\frac{2KD}{h}}$. В многоэшелонных системах оптимальные решения имеют структуру политик base-stock – «дозаказ до…» [20]. Эффект "хлыста", фиксирует, как информационные задержки приводят к значительному усилению волатильности заказов вверх по дистрибуторской цепи [23, 29].

Методы

Переход к рыночной бизнес-модели "длинный хвост" является не каким-то исключением или желанием группы потребителей. Неизбежность такого перехода имеет формальное математическое обоснование, по трём экономико-математическим причинам.

Вероятность «встречи» спроса и предложения. Пусть p_i - вероятность найти спрос («совпадение») на товар i, K - число товаров. Тогда вероятность того, что, хотя бы один товар удовлетворит запрос: $P(\text{совпадение}) = 1 - \prod_{i=1}^{K}(1-p_i)$.

Добавление в ассортимент товаров с малыми, но положительными p_i уменьшает произведение $\prod(1-p_i)$ и увеличивает $P(\text{совпадение})$ – вероятность спроса «встретить» подходящее предложение, растёт по мере увеличения разнообразия, даже если отдельные товары продаются редко [4].

Маржинальный вклад хвостовых товаров. Пусть m_i. — маржа на единицу товара i, D_i — спрос на него в горизонте планирования, c_i^{add} — дополнительные издержки включения товара в ассортимент (карточка, контент, поддержка, логистика), C^{fix} — фиксированные инфраструктурные издержки. Тогда прибыль при K товаров в ассортименте: $\Pi(K) = \sum_{i=1}^{K}(m_i D_i - c_i^{add}) - C^{fix}$.

Маржинальный вклад новой позиции j: $\Delta\Pi_j = m_j D_j - c_j^{add}$.

Для множества хвостовых товаров J условие $\sum_{j\in J}\Delta\Pi_j > 0$ означает экономическую оправданность хвоста, потому как дополнительная прибыль превышает дополнительные издержки[4].

"Портфельный" эффект устойчивости показателей. Пусть выручка в период t: $R(t)=\sum_{i=1}^{K} p_i(t)q_i(t)$, где $p_i(t)$ — цена, $q_i(t)$ — объём продаж товара i.

Тогда дисперсия здесь определяется как: $\mathrm{Var}[R]=\sum_i \mathrm{Var}[p_iq_i]+2\sum_{i<j}\mathrm{Cov}[p_iq_i,p_jq_j]$.

Расширение ассортимента наращивает число слагаемых в первой сумме, но ковариации продаж в long tail далеки от идеальной положительной корреляции, что приводит к снижению волатильности по выручке – классическому "портфельному" эффекту устойчивости [15], т.е. бизнес-модель «длинный хвост» становится значимым драйвером рынка, фактором снижения предельных издержек с ростом ассортимента и фактором устойчивости бизнеса [1].

Процессы управления товарными запасами основаны на классических методиках прогнозирования спроса, которые выражены в «сглаживающих» методах, такие как скользящая средняя: $\hat{D}_{t+1}=\frac{1}{n}\sum_{i=0}^{n-1}D_{t-i}$ и простое экспоненциальное сглаживание: $\hat{D}_{t+1}=\alpha D_t+(1-\alpha)\hat{D}_t$, $0<\alpha<1$, основанных на предположении о колебаниях вокруг некоторого уровня и симметричном шуме. Для прерывистого спроса эти предпосылки нарушаются, что приводит к систематической недооценке риска дефицита и накоплению излишков [9].

С точки зрения данных бизнес-модель «длинный хвост» требует перехода:

- от агрегированных таблиц к временным рядам по товарам;
- от точечных оценок к явным распределениям спроса;
- от расчетов страхового запаса «на глазок» к логике, где точка заказа s определяется как квантиль **эмпирического** распределения спроса за время поставки: $P(D_L \le s)=\alpha \Rightarrow s=F_{D_L}^{-1}(\alpha)$, а классический подход применения нормального распределения в виде $s=\mu_L+z_\alpha\sigma_L$ выступает лишь частным случаем.

Переход к паттерн-ориентированному управление требует изменения классических подходов, но отталкиваться необходимо от базовых структур данных, где для каждого товара спрос описывается временным рядом $X_i=(x_{i,1},x_{i,2},\ldots,x_{i,T})$, обладающим временными паттернами (сезонность, тренд, частота нулей, форма всплесков, смена режимов).

Паттерн-ориентированное управление означает, что товары группируются не только по обороту и марже (ABC/XYZ-подходы) [16], но и по типу временного профиля, для каждой группы схожих профилей выбираются специфичные модели прогнозирования и политики пополнения.

Работы по кластеризации временных рядов показывают, как группировка по профилю продаж позволяет дифференцированно управлять закупками и остатками [8], предложены движки прогнозирования, где модель обучается на медоиде, а затем переносится на остальные ряды кластера [24].

Системы управления с кластерным разделением обладают преимуществами: сокращения размерности задачи, устойчивости к шумам, возможности настройки параметров на уровне кластеров, а не отдельных товаров [18].

Для решения такой задачи кластеризации по временным паттернам, первым шагом является рассмотрение стандартных методов, например k-means с Евклидовой метрикой, где оптимизационный функционал $V = \sum_{i=1}^{k} \sum_{X_j \in S_i} \| X_j - \mu_i \|^2$ использует Евклидово расстояние $\rho_E(X,Y) = \sum_{t=1}^{T} (x_t - y_t)^2$.

Данная метрика не выдерживает критики в части применения к временным рядам: чувствительна к сдвигам по времени, неустойчива к различиям в скорости развития паттерна, плохо отражает структуру прерывистых рядов с длинными последовательностями нулей и редкими всплесками.

В результате такие кластеры: смешивают паттерны, которые требуют разных управленческих решений, и разделяют со схожей логикой управления.

Эти требования удовлетворяет метрика — Dynamic Time Warping (DTW).

Интуитивный смысл DTW: 2 врем. ряда X' и Y' – 2 оси в 2D-координатах, а "схожесть" по форме – отображение из одной оси в другую, представленное множеством точек 2D-матрицы, где каждая точка - это расстояние между точками рядов, а наиболее истинная "схожесть" – минимальное расстояние.

Формальная модель DTW: для двух рядов $X = (x_1, \ldots, x_N)$ и $Y = (y_1, \ldots, y_M)$ имеется локальная стоимость $c_{i,j} = | x_i - y_j |$ и траектория "схожести" (набор точек), как путь «приближения» этих рядов друг к другу $p = ((n_1, m_1), \ldots, (n_K, m_K))$, где каждое $p_l = (n_l, m_l)$ указывает, какая точка ряда X сопоставлена с какой точкой ряда Y и тогда полная стоимость такого пути: $c_p(X,Y) = \sum_{l=1}^{K} c_{n_l m_l}$, DTW-расстояние определяется как минимальная стоимость среди всех допустимых путей приближения рядов друг к другу $P : DTW(X,Y) = \min_{p \in P} c_p(X,Y)$ [28].

Вычисление DTW реализуется посредством математического аппарата динамического программирования внутри матрицы образуемой точками рядов и соотношением, рекуррентно определяющим пошаговое движение вдоль временных рядов и одновременно по матрице точек, накапливая стоимость:

$$D(i,j) = c(x,y) + \min \begin{cases} D(i-1,j) \\ D(i-1,j-1) \\ D(i,j-1) \end{cases}.$$

Таким образом, метрика DTW позволяет: считать схожими два сезонных ряда, даже если их пики смещены во времени, сравнивать товары с похожими

всплесками спроса, но с разными сроками реакции рынка, формировать кластеры товаров по форме спроса, устойчивые к случайным сдвигам.

Результаты

После формирования DTW-кластеров для каждого c можно оценить распределение спроса $F_{D,c}(x)$, тогда задача выбора уровня запаса для кластера: $S_c^* = \arg\min_S \{ p\mathrm{E}_c[(D-S)_+] + h\mathrm{E}_c[(S-D)_+] \}$ даёт квантильное решение:

$$S_c^* = F_{D,c}^{-1}\left(\frac{p}{p+h}\right).$$

Формула "критической квантили" переносится с уровня отдельного товара на уровень кластеров и тогда для каждого кластера можно задать целевой уровень сервиса α_c, определяемый политиками категорийного менеджмента.

Точка заказа – параметр (s,S), (T,S) и др. стратегий пополнения с учетом кластера, но с поправкой на особенности каждого конкретного товара [3; 26].

Заключение

Эволюция управления запасами – частный случай изменений внешней среды с порождением новых уровней сложности, на которые реагируют теоретические модели и практики управления [2]. Переход к бизнес-модели «длинный хвост» радикально увеличил ширину и глубину ассортимента, значительно улучшил гибкость потребления, но переместил спрос от гладкого в сторону прерывистого и асимметричного, а также усилил поведенческие эффекты и требования к уровню сервиса.

Классические модели построили фундамент стоимостной оптимизации и дифференцированного управления, но в условиях цифровой экономики требуется изменение парадигм управления: вероятностная логика для сервиса, эмпирические или bootstrap-подходы, вместо параметрических и паттерн-ориентированное разделение товаров [7].

Кластеризация временных рядов и настройка политик запасов на уровне кластеров позволяют превратить "взрывной" рост сложности "длинного хвоста" в управляемую структуру, с решениями не в рамках товара, а по ограниченному числу интерпретируемых групп, что снижает информационную нагрузку и повышает устойчивость управления [27].

Именно по этой причине вышеописанный переход является не «усложнением ради усложнения», а прямым следствием базовой формальной постановки задачи минимизации ожидаемых издержек с учётом реалистичных распределений прерывистого спроса в бизнес-модели "long tail".

Дальнейшая исследовательская работа должна быть направлена на доказательство эффективности и эмпирическую проверку предложенных методов управления запасами на синтетических и реальных данных с реализацией воспроизводимого прототипа.

Список литературы

1. Вертакова Ю.В. Маркетплейс как форма организации цифрового рыночного пространства: анализ экономической сущности / Ю.В. Вертакова, А.А. Волкова, В.А. Плотников – Текст : непосредственный. // Цифровые Модели И Решения. 2025. Т. 4. Маркетплейс как форма организации цифрового рыночного пространства. № 2. – С. 59-70.

2. Крылова (Букварёва) Е.В. Теоретико-методологические основы анализа эволюции как процесса развития социально-экономической системы / Е.В. Крылова (Букварёва) – Текст : непосредственный. // Прогрессивная экономика. 2024. № 11. – С. 200-210.

3. Alptekinoglu A. Inventory Pooling to Deliver Differentiated Service. 2012.

4. Armstrong R. The Long Tail: Why the Future of Business Is Selling Less of More. / R. Armstrong – Text : direct // Canadian Journal of Communication. 2008. Vol. 33. № 1.

5. Bi S. Taming the Long Tail: The Gambler's Fallacy in Intermittent Demand Management / S. Bi, L. He, C.P. Teo – Текст : непосредственный. // Manufacturing & Service Operations Management. 2023. Т. 25.

6. Dickie H. Ford. ABC Inventory Analysis Shoots for Dollars, not Pennies / Dickie, H. Ford – Текст : непосредственный. // Factory Management and Maintenance. 1951. Т. 109. № 7. – С. 92-94.

7. Heger J. Assortment optimization: a systematic literature review / J. Heger, R. Klein – Text : direct // OR Spectrum. 2024. Vol. 46. Assortment Optimization. № 4. – P. 1099-1161.

8. Kandemir B. A Methodology for Clustering Items with Seasonal and Non-seasonal Demand Patterns for Inventory Management / B. Kandemir – Text : direct // Journal of Advanced Research in Natural and Applied Sciences. 2022. Vol. 8. № 4. – P. 753-761.

9. Kiefer D. Demand Forecasting Intermittent and Lumpy Time Series: Comparing Statistical, Machine Learning and Deep Learning Methods. 2021. Demand Forecasting Intermittent and Lumpy Time Series.

10. Looij T. van de. Cluster-Based Forecasting for Intermittent and Non-intermittent Time Series / T. van de Looij, M. Ariannezhad // Advanced Analytics and Learning on Temporal Data / eds. V. Lemaire [et al.] 978-3-030-91444-8. – Cham: Springer International Publishing, 2021. – P. 139-154.

11. Park S. The Impact of Disclosing Inventory-Scarcity Messages on Purchase Frequencies and Daily Sales in Online Retailing. 2019.

12. Salvador S. Toward accurate dynamic time warping in linear time and space / S. Salvador, P. Chan – Текст : непосредственный. // Intelligent Data Analysis. 2007. Т. 11. – С. 561-580.

13. Shah K. Digital Transformation in Supply Chain Management: A Commerce and Management Perspective / K. Shah – Text : direct // Milky Way Scientific Journal. 2025. Vol. 1. Digital Transformation in Supply Chain Management. № 1. – P. 53-70.

14. Vasi B.K. How many parts to make at once by Ford W. Harris / B.K. Vasi – Text : direct.

15. Zhang P. Use of Stability and Seasonality Analysis for Optimal Inventory Prediction Models / P. Zhang, M. Joshi, P. Lingras – Text : direct // Journal of Intelligent Systems. 2011. Vol. 20. № 2. – P. 147-166.

16. Стерлигова А.Н., Управление Запасами Широкой Номенклатуры: С Чего Начать?, Логинфо. - №12. – 2003. – С. 50-55. - №1. – 2004. / Стерлигова А.Н., – Текст : непосредственный.

17. Ali A. The Role of Digital Supply Chain on Inventory Management Effectiveness within Engineering Companies in Jordan // Sustainability. 2024. Т. 16. – С. 8031.

18. Balugani E. Clustering for inventory control systems : 16th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing INCOM 2018 // IFAC-PapersOnLine. 2018. Т. 51. № 11. – С. 1174-1179.

19. Bukht R. Defining, Conceptualising and Measuring the Digital Economy / R. Bukht, R. Heeks – Текст : непосредственный. // International Organisations Research Journal. 2018. Т. 13. – С. 143-172.

20. Clark A.J. Optimal Policies for a Multi-Echelon Inventory Problem / A.J. Clark, H. Scarf – Текст : непосредственный. // Management Science. 1960. Т. 6. № 4. – С. 475-490.

21. Edgeworth F. On a new method of reducing observations relating to several quantities / F. Edgeworth Open Library ID: OL44045191M – London]: [publisher not identified], 1888. – 1 online resource (pages 185-191). с. – Текст : непосредственный.

22. Goel S. Anatomy of the long tail: ordinary people with extraordinary tastes // Proceedings of the third ACM international conference on Web search and data mining : WSDM '10. – New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2010. Anatomy of the long tail. – С. 201-210.

23. Lee H.L. Information Distortion in a Supply Chain: The Bullwhip Effect / H.L. Lee, V. Padmanabhan, S. Whang – Текст : непосредственный. // Management Science. 2004. Т. 50. Information Distortion in a Supply Chain. № 12_supplement. – С. 1875-1886.

24. Murlidhar V.A Clustering Based Forecast Engine for Retail Sales. // J. Digit. Inf. Manag. 2012. Т. 10. № 4. – С. 219-229.

25. Prestwich S.D. Intermittency and obsolescence: A Croston method with linear decay / S.D. Prestwich, S.A. Tarim, R. Rossi – Текст : непосредственный. // International Journal of Forecasting. 2021. Т. 37. Intermittency and obsolescence. № 2. – С. 708-715.

26. Res A. Service differentiation in spare parts supply through dedicated stocks // Annals of Operations Research. 2014. Т. 231.

27. Ruitenbeek Robin, Koole Ger, Bhulai Sandjai. Hierarchical Agglomerative Clustering for Product Sales Forecasting. SSRN Electronic Journal. 10.2139/ssrn.4397704, (2023). – Текст : непосредственный.

28. Senin P. Dynamic time warping algorithm review / P. Senin – Текст : непосредственный. // Information and Computer Science Department University of Hawaii at Manoa Honolulu, USA. 2008. Т. 855. № 1-23. – С. 40.

29. Wang X. The bullwhip effect: Progress, trends and directions / X. Wang, S.M. Disney – Текст : непосредственный. // European Journal of Operational Research. 2016. Т. 250. The bullwhip effect. № 3. – С. 691-701.

УДК 330.46:519.8

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ НА ОСНОВЕ МНОГОЭТАПНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ С КОГЕРЕНТНОЙ МЕРОЙ РИСКА CVAR

Л.Е. Горбунков, аспирант [1, a)]
[1] МФПУ «Синергия», Москва, Российская Федерация
E-mail: [a)] leo-go@yandex.ru

Аннотация: Статья посвящена созданию модели инвестиционной деятельности предприятия в условиях высокой неопределённости цифровой экономики. Предложена математическая модель многоэтапной оптимизации, в которой в качестве меры риска используется Conditional Value-at-Risk (CVaR) – когерентная мера, учитывающая хвостовые убытки. Модель позволяет учитывать динамическую природу инвестиционных решений, бюджетные ограничения и стратегические цели предприятия. Численный эксперимент на синтетических данных показал, что при равном объёме инвестиций (100 млн руб.) предложенная модель обеспечивает ожидаемую доходность в 8.3 раза выше, чем классическая модель Марковица, при контролируемом увеличении хвостового риска. Результаты подтверждают практическую применимость подхода для предприятий, ориентированных на стратегический рост в цифровой среде.

Ключевые слова: инвестиционная деятельность, многоэтапная оптимизация, CVaR, когерентная мера риска, цифровая экономика, стохастическое программирование.

MODELING CORPORATE INVESTMENT ACTIVITY USING MULTI-STAGE OPTIMIZATION WITH COHERENT RISK MEASURE CVAR

L.E. Gorbunkov [1, a)]
[1] Moscow Financial and Industrial University "Synergy", Moscow, Russia
E-mail: [a)] leo-go@yandex.ru

Abstract: The article presents a multi-stage optimization model of corporate investment activity using Conditional Value-at-Risk (CVaR) as a coherent risk measure. The model accounts for the dynamic nature of investment decisions, liquidity constraints, and strategic objectives of the enterprise. Numerical experiments on synthetic data, representative of the digital economy, demonstrate a significant increase in expected return compared to the classical Markowitz approach, with controlled tail risk. The results confirm the model's practical applicability for strategic investment planning under uncertainty.
Keywords: investment activity, multi-stage optimization, CVaR, coherent risk measure, digital economy, stochastic programming.

Введение

Инвестиционная деятельность предприятия в условиях цифровой экономики характеризуется высокой волатильностью, краткосрочными окнами возможностей и необходимостью гибкой реакции на изменения. Классические модели, основанные на дисперсии доходности (например, модель Марковица), не адекватно отражают риск экстремальных потерь. В последние годы всё большее распространение получают когерентные меры риска, среди которых Conditional Value-at-Risk (CVaR) выделяется как теоретически обоснованный и практически применимый инструмент. Однако большинство исследований сосредоточено на задачах индивидуального инвестора, тогда как специфика корпоративных инвестиций требует многоэтапной постановки.

Постановка задачи и метод решения

Предложенная модель представляет инвестиционную деятельность как процесс распределения бюджета по трём временным этапам между восемью активами (цифровыми, операционными и консервативными). Целевая функция максимизирует компромисс между ожидаемой доходностью и CVaR на уровне 95%. Согласно методу Рокфеллера и Уриасева, задача сведена к линейному программированию и решена с помощью библиотеки CVXPY (Python).

Результаты

Эксперимент проводился при общем бюджете 100 млн руб. Результаты:

Таблица 1. Сравнение моделей

Метрика	Модель Марковица	Предложенная в статье модель
Ожидаемая доходность, млн руб.	0.90	7.51
CVaR (95%), млн руб.	–0.02	–1.53
Доля убыточных сценариев	3%	13%

Модель демонстрирует динамическую стратегию:
– Этап 1: 46% бюджета — в цифровые активы,
– Этап 2: 97% — в операционные активы,
– Этап 3: 48% — повторный фокус на цифровизацию.

Это отражает реальный бизнес-цикл: внедрение, масштабирование, повторная цифровизация.

Заключение

Предложенная модель обеспечивает значительный прирост доходности при управляемом риске и может быть интегрирована в системы поддержки принятия решений (СППР) предприятий цифровой экономики. В перспективе планируется расширение представленной модели за счёт методов машинного обучения для прогнозирования сценариев доходности.

Список литературы

1. Rockafellar R.T., Uryasev S. Optimization of Conditional Value-at-Risk // Journal of Risk. – 2000. – Vol. 2. – P. 21–42.

2. Markowitz H. Portfolio Selection // The Journal of Finance. – 1952. – Vol. 7, № 1. – P. 77–91.

3. Artzner P. et al. Coherent Measures of Risk // Mathematical Finance. – 1999. – Vol. 9, № 3. – P. 203–228.

4. Калугин В.А., Титова И.Н. Моделирование инвестиционной деятельности предприятия в условиях неопределённости // Журнал «Экономика. Информатика». – 2009. – С. 1–9.

5. Карачун И.А. Стохастическая модель управления инвестиционным портфелем // Экономика и предпринимательство. – 2022. – № 6 (143). – С. 3–6.

УДК 004.9:336.76

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА НА КРАУДФИНАНСИРОВАНИЕ

П.Е. Жибурт [1, a)]

[1] Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Экономический факультет, Москва, Российская Федерация

E-mail: [a)] polinazhiburt@gmail.com

Аннотация: Целью исследования является выявление и систематизация ключевых направлений трансформации рынка краудфинансирования под воздействием внедрения технологий искусственного интеллекта (ИИ). Проведен анализ результатов научных исследований в данной зарождающейся области и практических примеров. В рамках исследования развитие рынка рассматривается с точки зрения трансформации потребительского опыта трех ключевых групп стейкхолдеров рынка краудфинансирования: инвесторов, крауд-платформ и авторов проектов и организаций, привлекающих финансирование. Показано, что ИИ-инструменты трансформируют опыт всех участников рынка. Основные направления использования ИИ на крауд-

платформах в интересах инвесторов и самих платформ заключаются в развитии инструментов скоринга и формировании персональных рекомендаций, а в интересах ищущих финансирование проектов и платформ в оптимизации кампаний.
Ключевые слова: краудфинансирование, скоринг, краудфандинг, искусственный интеллект, цифровая экономика.

THE INFLUENCE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES ON CROWDFINANCING

P.E. Zhiburt [1, a)]
[1] Lomonosov Moscow State University, Faculty of Economics, Moscow, Russia
E-mail: [a)] polinazhiburt@gmail.com

Abstract: The purpose of this study is to identify and systematize key areas of crowdfinancing market transformation influenced by the implementation of artificial intelligence technologies (AI). The results of scientific research in this emerging field and practical examples are analyzed. The study examines market development from the perspective of the transformation of the consumer experience of three key groups of crowdfinancing market stakeholders: investors, crowdfinancing platforms, and project creators and organizations raising funds. It is shown that AI tools are transforming the experience of all market participants. The main areas of AI use on crowdfunding platforms for the benefit of investors and the platforms themselves include the development of scoring tools and the generation of personalized recommendations, and for the benefit of projects and platforms seeking funding, campaign optimization.
Keywords: crowdfinancing, scoring, crowdfunding, artificial intelligence, digital economy.

Введение

Краудфандинг и краудфинансирование на основе цифровых платформ сделали доступным и масштабируемым коллективное финансирование проектов. Тем не менее, оба направления сталкиваются с рядом вызовов. На рынке краудфандинга – поддержки инициатив за нефинансовое вознаграждение или безвозмездно – 40% проектов не получают средства (Ye et al., 2024). Для краудфинансирования – вложений интернет-пользователями средств в бизнес с инвестиционной целью (краудлендинг, краудинвестинг – зачастую включаются в понятие «краудфандинг» в широком смысле) – особое значение имеет асимметрия информации. Ограниченные возможности раскрытия информации собирающим средства проектом и последующей отчетности не только негативно влияют на возможность принятия решения инвестором, но и создают репутационные риски для крауд-платформ, на которых размещаются потенциально неуспешные или мошеннические проекты.

Внедрение технологий искусственного интеллекта может открыть новые возможности для преодоления обозначенных выше проблем. Цель данного исследования – выявление и систематизация направлений текущей и потенциальной трансформации индустрии краудфинансирования, драйвером которой становятся прикладные решения на основе искусственного интеллекта.

Методы

В основе работы лежат методы сравнительного анализа и систематизации. Изучены научные работы, посвященные применению ИИ в краудфандинге и краудфинансировании. Для оценки влияния выявленных решений на развитие рынка коллективного финансирование внедрение новых технологий рассматривается с точки зрения ключевых групп стейкхолдеров рынка: бэкеров (инвесторов в краудфинансировании или доноров в краудфандинге, т.е. обеспечивающих финансирование лиц), крауд-платформ и привлекающих средства проектов.

Результаты

Анализ рыночной практики и научных исследований позволил систематизировать влияние технологий искусственного интеллекта на ключевых участников рынка краудфинансирования, выделив конкретные направления применения и достигаемые преимущества для каждой группы.

1. Бэкеры заинтересованы в достижении проектом поставленных целей. Для инвесторов может выражаться в исправном выполнении взятых на себя проектом финансовых обязательств или росте цены приобретенного актива. И для инвесторов, и для доноров проект должен быть достаточно привлекательным, чтобы собрать минимальную требуемую для реализации проекта сумму на крауд-платформе, чтобы сбор состоялся. Для инвесторов, помимо этого, значима последующая инвестиционная привлекательность проекта. ИИ-инструменты прежде всего используются для снижения информационной асимметрии и поддержки принятия решений. Исследователи разрабатывают решения на основе технологий машинного обучения для анализа исторических данных кампаний, выявляя комплексные факторы успеха, и прогнозируют результаты новых инициатив. Например, модели случайного леса и XGBoost демонстрируют исключительно высокую точность (до 99,9% AUC) в предсказании исхода кампаний, выделяя на основе сигнальной теории такие ключевые параметры, как сигналы качества проекта, уровень социального капитала его инициатора и особенности текстового описания [4, 7]. Однако «черный ящик» сложных моделей может подрывать доверие. Решением становится использование объяснимого ИИ (XAI), например метода SHAP, который интерпретирует прогнозы модели, выделяя наиболее влиятельные факторы [3]. Исследование Gregoriades и др. показало, что XAI способен не только объяснить решение (например, выделив влияние заявленных целей проекта, сочетающих амбициозность и риск), но и сгенерировать контрфактические рекомендации, показывая, как именно неудачный проект мог

бы быть переработан для успеха [3]. Эти аналитические возможности ложатся в основу систем персональных рекомендаций, которые, на основе данных о прошлых сделках и профиле инвестора, предлагают релевантные проекты, тем самым повышая вовлеченность и удовлетворенность пользователей платформы [1].

2. Платформы в области краудфинансирования заинтересованы в расширении функционала, росте рынка и сокращении издержек. Основные направления внедрения новых технологий в настоящее время - автоматизация, управление рисками и повышение безопасности. Для таких площадок ИИ служит инструментом повышения операционной эффективности и, соответственно, масштабируемости по охвату подающих заявки на размещение проектов и вместе с тем снижения репутационных угроз. Автоматизация рутинных процессов снижает операционные издержки и позволяет персонализировать взаимодействие, что, согласно Behl и др., способствует долгосрочной лояльности пользователей [1]. Ключевым направлением для обеспечения работы платформ является скоринг проектов, желающих привлечь финансирование, и выявление мошенничества. Сложность заключается в дефиците размеченных данных о мошеннических кампаниях. Возможны применение машинного обучения без учителя для обнаружения аномалий в поведении и контенте проектов, а также обработка естественного языка (NLP) для анализа текстовых описаний на предмет маркеров недобросовестных проектов [2]. Перспективным направлением представляется синергия ИИ и блокчейн-технологий для выявления мошеннических схем на основе мониторинга транзакций [2, 5].

3. Новые инструменты для создателей проектов призваны помогать в достижении цели сбора средств в максимальном возможном или необходимом объеме. Генеративный ИИ используется для создания или оптимизации текстового и визуального контента, сопровождающего кампанию [6]. Исследование Ye и др. показало, что такая оптимизация некоторых аспектов описания проекта повышала его привлекательность для 83% оценщиков и увеличивала вероятность получения финансирования для изначально завершившихся неудачей проектов на 13,3% [6]. Кроме того, аналитика на основе объяснимого ИИ позволяет инициаторам привлечения средств улучшить их стратегию продвижения на основе анализа успешных и неуспешных аналогов [3]. Сентимент-анализ позволяет авторам определять реакцию инвестиционного сообщества и оперативно адаптировать коммуникацию, повышая вовлеченность и шансы на достижение целей кампании.

В таблице 1 кратко представлены направления влияния внедрения технологий искусственного интеллекта на рынок краудфинансирования.

Несмотря на значительный потенциал для развития рынка, внедрение ИИ сопряжено с риском дегуманизации взаимодействия на основе принятия решений со стороны инвесторов и платформ на основе ИИ-аналитики, а также злоупотребления генерацией контента со стороны инициаторов сбора средств. В качестве контрмер некоторые платформы, например краудфандинговая

площадка Kickstarter, уже вводят требования по раскрытию информации об использовании ИИ при создании кампаний.

Таблица 1. Применение ИИ на рынке краудфинансирования

Стейкхолдер	Ключевые направления применения ИИ	Основные выгоды и достигаемые эффекты
Инвесторы	• Прогноз успеха кампании • Объяснение полученных в результате прогноза выводов • Персональные рекомендации	Снижение информационной асимметрии, повышение прозрачности и обоснованности инвестиционных решений, персонализация выбора.
Крауд-платформы	• Автоматизация процессов • Оценка рисков и скоринг • Выявление мошенничества	Повышение операционной эффективности и масштабируемости, минимизация репутационных и финансовых рисков, укрепление доверия к платформе.
Авторы проектов	• Генерация и оптимизация контента для кампаний • Прогноз успеха кампании	Увеличение шансов на успешное финансирование за счет data-driven оптимизации кампании, эффективная коммуникация с сообществом.

Обсуждение

Систематизировано влияние технологий искусственного интеллекта на ключевых участников рынка краудфинансирования, выделены конкретные направления применения и достигаемые преимущества для каждой группы.

Заключение

Краудфинансирование динамично развивается. Технологии ИИ становятся драйвером его качественной трансформации в сторону большей эффективности, прозрачности и доступности. ИИ-инструменты, от предиктивной аналитики и объяснимых моделей до генеративного контента и продвинутых систем выявления мошенничества, решают фундаментальные проблемы рынка. Они снижают информационную асимметрию, повышают операционную эффективность платформ и увеличивают шансы проектов на успешное финансирование. Тем не менее, необходим «сбалансированный» и ответственный подход к внедрению технологий ИИ на данном рынке. Технология должна выполнять роль интеллектуального ассистента, который облегчает взаимодействие и предоставляет аналитическую поддержку, не подменяя собой человеческие суждения и креативность.

Список литературы

1. Behl A., Dutta P., Luo Z. et al. Enabling artificial intelligence on a donation-based crowdfunding platform: a theoretical approach // Annals of Operations Research. 2022. Т. 319. № 1. С. 761–789. DOI:10.1007/s10479-020-03906-z.

2. Coita I.F., Machado M., Teijeiro L.G. et al. Taxonomy of Fraud in Crowdfunding: A Hybrid Review of Detection Tools Using Artificial Intelligence and Blockchain for Sustainable Platforms // 2025. DOI: 10.2139/ssrn.5369103.

3. Gregoriades A., Themistocleous C. Improving Crowdfunding Decisions Using Explainable Artificial Intelligence // Sustainability. 2025. Т. 17. № 4. С. 1361. DOI: 10.3390/su17041361.

4. Haitham H., Amgad N., Tarek H. et al. From Data to Decisions: Enhancing Crowdfunding Strategies AI-Driven and Business Intelligence Techniques // 2024 Intelligent Methods, Systems, and Applications (IMSA). Giza, Egypt: IEEE, 2024. С. 475–481. DOI: 10.1109/IMSA61967.2024.10652782.

5. Shafiabady N. et al. Artificial Intelligence-Enabled Computational Techniques in Determining the Use Behavior of Crowdfunding Platforms // 2025. DOI: 10.2139/ssrn.5192893.

6. Ye T., Zheng J., Jin J. et al. Using Artificial Intelligence to Unlock Crowdfunding Success for Small Businesses // SSRN Journal. 2024. DOI: 10.2139/ssrn.4806426.

7. Yunfeng W., Ibrahim O. Enhancing Crowdfunding Success With Machine Learning and Visual Analytics: Insights From Chinese Platforms // IEEE Access. 2025. Т. 13. С. 68097–68110. DOI: 10.1109/ACCESS.2025.3546265.

УДК 658.4

МОДЕЛЬ МУЛЬТИМОДАЛЬНОГО АНАЛИЗА ESG-ФОКУСА КОМПАНИЙ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО УСТОЙЧИВОМУ РАЗВИТИЮ

Ю.Д. Каштанова, студент [1, a)]
А.А. Горшенина, студент [1]
К.И. Новикова, студент [1]
[1] МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация
E-mail: [a)] kashtanovayulia128@mail.ru

Научный руководитель: Шиболденков В.А., канд. эконом. наук, доцент, доцент кафедры Бизнес-информатика МГТУ им. Н Э. Баумана

Аннотация: В статье представлена модель мультимодального анализа ESG-отчётности ведущих российских и зарубежных компаний банковского, энергетического и химического секторов и показаны результаты её практического применения. Исследование выполнено с использованием комплекса инструментов анализа текстовых данных — предобработки текста, частотного анализа, иерархической кластеризации, тематического моделирования и анализа тональности, реализованных на платформе Orange

Data Mining. Построенная модель позволила выявить ключевые ESG-тренды для каждого сектора, зафиксировать различия между российскими и международными компаниями, а также установить взаимосвязь между содержанием нефинансовой отчётности и позициями компаний в ESG-рейтингах. На основе полученных результатов сформулированы практические рекомендации для руководства компаний, направленные на формирование стратегии устойчивого развития и совершенствование структуры и качества ESG-раскрытий, что в перспективе способствует повышению ESG-рейтинга и укреплению инвестиционного имиджа организаций в рассматриваемых секторах экономики.
Ключевые слова: ESG-отчётность, мультимодальный анализ, ESG-рейтинг, тематическое моделирование, текстовая аналитика.

METHODOLOGY FOR MULTIMODAL ANALYSIS OF CORPORATE REPORTING DISCLOSURE TO DEVELOP RECOMMENDATIONS FOR IMPROVING ESG IMAGE

Y.D. Kashtanova [1, a)], **A.A. Gorshenina** [1], **K.I. Novikova** [1]
[1] Bauman Moscow State Technical University BMSTU, Moscow, Russia
E-mail: [a)] kashtanovayulia128@mail.ru

Scientific supervisor: Shiboldenkov V.A., Ph.D. Economy Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Business Informatics, Moscow State Technical University. N.E. Bauman

Abstract: The article presents a methodology for multimodal analysis of ESG reporting by leading Russian and foreign companies in the banking, energy, and chemical sectors, and shows the results of its practical application. The study was conducted using a set of text-data analysis tools — text preprocessing, frequency analysis, hierarchical clustering, topic modeling, and sentiment analysis — implemented on the Orange Data Mining platform. The developed model made it possible to identify key ESG trends for each sector, record differences between Russian and international companies, and establish a relationship between the content of non-financial reporting and the companies' positions in ESG ratings. Based on the obtained results, practical recommendations were formulated for company management aimed at shaping a sustainable development strategy and improving the structure and quality of ESG disclosures, which in the long term contributes to higher ESG ratings and strengthens the investment image of organizations in the sectors under consideration.
Keywords: ESG reporting, multimodal analysis, ESG rating, topic modeling, text analytics.

Введение

ESG-повестка (Environmental, Social, Governance) приобретает всё большее значение в российском бизнесе, формируя новые ориентиры стратегического развития, направленные на привлечение ответственных инвестиций. Несмотря на возрастающее внимание к устойчивому развитию, многие российские компании всё ещё находятся на начальном этапе внедрения ESG-стандартов. Мировые исследования показывают, что интеграция ESG-подходов укрепляет конкурентные позиции компаний, повышает их инвестиционную привлекательность, улучшает финансовые результаты и репутацию [1]. Высокий ESG-рейтинг статистически связан со снижением рисков и ростом доверия инвесторов [3]. Он формируется за счёт системной и регулярной отчётности, включающей раскрытие ключевых экологических, социальных и управленческих показателей. Спрос на содержательное и сопоставимое ESG-раскрытие растёт, тогда как качество отчётности остаётся неоднородным: данные фрагментарны, несопоставимы, нередко опираются на непроверенные заявления, что усиливает информационную асимметрию и риск «зеленого камуфляжа» [4, 5]. Это приводит к повышению стоимости капитала, ухудшению доступа к финансированию, репутационным потерям и росту регуляторных издержек. Классический анализ ограничивается текстово-табличными данными и упускает нефинансовые сигналы. Мультимодальный подход интегрирует нарратив, количественные метрики и визуальные индикаторы, оценивает межканальную согласованность и позволяет отделить содержательное раскрытие от имитационного [4, 5]. Несмотря на растущий интерес к методам анализа нефинансовой отчётности, не определено, какие практики связаны с высокими ESG-рейтингами с учётом отраслевых различий. В этих условиях ценно исследование отчётности ESG-лидеров, позволяющее выявить устойчивые практики и элементы отчётов, интерпретируемые рейтинговыми агентствами как признаки зрелой ESG-стратегии. Применение Orange Data Mining помогает обнаружить содержательные и структурные особенности ESG-отчётов, что создаёт основу для рекомендаций по улучшению качества раскрытия. Детальное ESG-раскрытие статистически связано с улучшением финансовых результатов компаний [15]. Объект исследования — компании банковского, энергетического и химического секторов с высокими ESG-рейтингами. Предмет — тексты ESG-отчётности: раскрываемая информация, лексика, тематические паттерны, тональность и особенности структуры. Новизна заключается в мультимодальном подходе и использовании семантического анализа. Цель — определить ключевые ESG-концепции в отчётности ESG-лидеров, основные темы, словари и кластеры, включая анализ тональности, и разработать рекомендации. Сформулированы две гипотезы. Во-первых, приоритетные ESG-направления для высоких рейтингов различаются по отраслям: для банков определяющим является социальный аспект, для энергетических и химических компаний — экологический. Во-вторых, банкам рекомендуется усиливать социальное раскрытие, а энергетическим и химическим компаниям — экологическое. Практическая

значимость состоит в применении этих рекомендаций для повышения ESG-рейтингов и интеграции ESG-принципов в стратегическое планирование.

Методология

Для формирования выборки использовались данные S&P Global, РАЭКС (Эксперт РА) и CompaniesMarketCap, обеспечивающие сочетание международных и локальных оценок. Исследование проведено на двух выборках: международных компаниях (более 30 в каждом секторе) и ведущих российских компаниях с рейтингом выше 1,05. По каждой отрасли отобрано около 10 отчётов за 2022–2023 годы. Предобработка включала конвертацию отчётов в txt и приведение текста к связному виду с помощью GPT. Анализ в Orange Data Mining проводился с использованием Import Documents, Preprocess Text, Bag of Words, Word Cloud, Document Embedding, Topic Modeling, LDAvis, Distances, Hierarchical Clustering и Sentiment Analysis. Иерархическая кластеризация позволила сравнить стратегии компаний на основе TF-IDF-матрицы, а Word Cloud визуализировал наиболее частотные слова [2]. Тематическое моделирование (LSI, LDA, HDP) выявило скрытую структуру тем и визуализировалось через LDAvis. Sentiment Analysis определила эмоциональную окраску каждого документа.

Результаты

Сопоставительный анализ банковского сектора России показал, что В ESG-отчётности банков основной акцент делается на социальной ответственности: чаще всего описываются корпоративное обучение и развитие сотрудников, значительное внимание уделяется программам поддержки женщин и семей, а также инициативам, связанным со здоровьем работников. Существенное место занимают образовательные и волонтёрские проекты для детей и молодёжи, рассматриваются вопросы обеспечения жильём и прозрачных механизмов оценки труда. Экологические инициативы, такие как сокращение выбросов и управление отходами, представлены в меньшей степени, тогда как корпоративное управление, включая прозрачность и взаимодействие со стейкхолдерами, раскрывается менее подробно. В целом социальный блок остаётся самым насыщенным и приоритетным направлением. Международные банки демонстрируют более сбалансированный охват всех аспектов ESG, при этом социальный блок отличается наибольшим разнообразием. Ключевыми темами являются поддержка работников с ограниченными возможностями, повышение удовлетворённости и здоровья персонала, волонтёрские и образовательные инициативы, вопросы равенства и различные социальные программы. Экологический аспект выражен через финансирование солнечных электростанций, проекты декарбонизации и внедрение экологических инноваций. Частое использование терминов, связанных со стандартами, такими как Global Reporting Initiative, а также упоминание европейской нормативной базы и ориентация на международные ориентиры устойчивого развития,

включая Sustainable Development Goals, подчёркивают стремление к соответствию глобальным стандартам отчётности и устойчивого развития.

Сопоставительный анализ энергетического сектора показывает существенные различия в зрелости ESG-практик. Международные компании демонстрируют стратегический подход к климатической политике, опирающийся на измеримые количественные показатели, публичные цели декарбонизации и интеграцию ESG-факторов в инвестиционное планирование. Российский сектор уделяет значительное внимание экологической тематике, включая вопросы выбросов ПГ, однако раскрытие климатических метрик в большинстве случаев менее детализировано и реже сопровождается количественными KPI по сравнению с международными компаниями. Сопоставительный анализ выявляет разную зрелость ESG-подходов в химической отрасли. Международные компании фокусируются на экологическом блоке – декарбонизации, водородных решениях, биоматериалах, контроле опасных веществ и устойчивости цепочек поставок, дополняя это развитой социальной повесткой. Российские компании сильнее акцентируют социальную сферу и корпоративную культуру, тогда как экологические аспекты раскрыты менее подробно и требуют больше измеримых метрик. Корпоративное управление ориентировано на соблюдение норм и стандартов, но уровень раскрытия рисков и управленческих механизмов остаётся ограниченным по сравнению с мировыми практиками.

Заключение

Первая гипотеза о наличии межотраслевых и межрегиональных различий подтвердилась. Для российских банков ключевым остаётся социальный аспект (корпоративное обучение, здоровье сотрудников, соцпрограммы), международные – инклюзия, равенство возможностей и стандарты GRI/NFRD. В энергетике зарубежные компании развивают климатические стратегии и количественные экологические метрики, российские – операционную безопасность, регуляторные требования и социальную поддержку регионов. В химическом секторе мировые компании акцентируют цепочки поставок, контроль опасных веществ и низкоуглеродные технологии, российские – социальные программы и корпоративное управление с менее структурированной экологической информацией. Вторая гипотеза о возможности формирования рекомендаций по повышению ESG-рейтинга также подтвердилась. Улучшение позиций связано с развитием социальных инициатив в банках; расширением климатических метрик и прозрачностью экологических данных в энергетике; внедрением систем управления безопасностью и устойчивыми цепочками поставок в химии.

Модель подтвердила аналитическую достоверность: кластеризация выявила сходные ESG-стратегии, тематическое моделирование — ключевые смысловые домены, частотный анализ — лексические индикаторы отраслевых приоритетов. Результаты имеют практическую значимость: позволяют адаптировать ESG-стратегии по международным практикам, повысить качество

нефинансовой отчётности и укрепить позиции компаний в глобальных ESG-рейтингах. Материалы могут использоваться в корпоративной аналитике, консалтинге и научных исследованиях в области устойчивого развития и текстового анализа.

Качественное, воспроизводимое ESG-раскрытие повышает доверие и лояльность, служит ранним индикатором операционной устойчивости и связано со снижением рисков и издержек, но рынку не хватает динамичных, отраслевых и количественно верифицируемых инструментов оценки такого раскрытия, которые требуют развития в дальнейших исследованиях.

Список литературы

1. Овечкин Д.В. Ответственные инвестиции: влияние ESG-рейтинга на рентабельность фирм и ожидаемую доходность на фондовом рынке // Экономика и экологический менеджмент. 2021. №1.

2. Shrivastava A., Jain J.K., Chauhan D. Literature review on tools & applications of data mining //International Journal of Computer Sciences and Engineering. – 2023. – Т. 11. – №. 4. – С. 46-54.

3. Батаева Б.С., Кокурина А.Д., Карпов Н.А. Влияние раскрытия ESG-показателей на финансовые результаты российских публичных компаний // Управленец. 2021. Т. 12, №6. С. 20–32.

4. Шиболденков В.А., Тюрнев А.Н., Афанасьев К.М., Пресняков А.О. Анализ взаимной динамики котировок акций и тональности текстовых упоминаний в СМИ компании «OZON Holdings PLC» с применением корреляционного и сентимент-анализа // Финансы и управление. 2025. № 2. – С. 131-156.

5. Шиболденков В.А., Анисимова М.И., Маломуж А.А., Колосова К.Ю. Мультимодальный анализ слабоструктурированной деловой информации при оценке влияния медийного контекста на рынок // Экономика, предпринимательство и право. 2025. Т. 15, № 5. С. 3167-3186.

УДК 004.9:658

АНАЛИЗ ТРЕНДОВ В АРХИТЕКТУРЕ ПРЕДПРИЯТИЯ НА ОСНОВЕ СЕМАНТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ТЕКСТОВЫХ КОРПУСОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

В.А. Шиболденков, канд. эконом. наук, доцент [1, а)]
Л.А. Корунова, студент [1, б)],
А.С. Малетина, студент [1, в)]
[1] МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация
E-mail: [а)] vshiboldenkov@bmstu.ru, [б)] korunovala@student.bmstu.ru,
[в)] maletinaas@student.bmstu.ru

Аннотация: В статье представлена методика систематизации технологических трендов в архитектуре предприятия на основе семантического анализа текстов. Применяя тематическое моделирование и кластеризацию, авторы выявляют устойчивую иерархию направлений, где лидируют аналитика больших данных, микросервисы и машинное обучение. Анализ временной динамики позволяет отслеживать жизненные циклы концепций и строить прогнозы. Практическая ценность работы – в создании инструментария для стратегического планирования.
Ключевые слова: архитектура предприятия, управление ИТ-ландшафтом, семантический анализ, кластеризация текстов, тематическое моделирование, выявление трендов.

CLUSTERING OF TRENDS IN THE ENTERPRISE ARCHITECTURE BASED ON SEMANTIC ANALYSIS OF TEXT CORPUSES USING NEURAL NETWORKS

V.A. Shiboldenkov [1, a)], **L.A. Korunova** [1, b)], **A.S. Maletina** [1, c)]
[1] Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia
E-mail: [a)] vshiboldenkov@bmstu.ru, [b)] korunovala@student.bmstu.ru,
[c)] maletinaas@student.bmstu.ru

Abstract: The article presents a method for systematizing technological trends in enterprise architecture based on semantic text analysis. By using thematic modeling and clustering, the authors identify a stable hierarchy of trends, with big data analytics, microservices, and machine learning leading the way. The analysis of temporal dynamics allows for tracking the life cycles of concepts and making predictions. The practical value of this work lies in the creation of a tool for strategic planning**.**
Keywords: "enterprise architecture", "IT landscape management", "semantic analysis", "text clustering", "thematic modeling", "trend identification".

Введение

Архитектура предприятия (АП) представляет собой комплексную концепцию, описывающую структуру и функционирование организации. В рамках АП рассматриваются такие элементы, как бизнес-процессы, информационные потоки, IT-инфраструктура и организационные структуры. Она отражает стратегические и технологические направления организации, влияя на ее способность эффективно адаптироваться к изменениям внешней среды и достигать бизнес-целей.

Организации сталкиваются с парадоксом: с одной стороны, ИТ-инфраструктура требует постоянной модернизации и миграции между технологическими платформами, с другой стороны, каждая такая миграция влечет значительные затраты на переинженеринг, переобучение персонала и риск операционных потерь. Ключевая экономическая проблема заключается в том, что принятие архитектурных решений часто основывается на явных трендах, уже ставших мейнстримом и потребовавших значительных инвестиций конкурентами. Семантический анализ текстовых корпусов профессиональной литературы, усиленный нейросетевыми моделями, позволяет регулярно проводить автоматизированный анализ эволюции архитектурных концепций и принимать обоснованные решения о развитии своей ИТ-инфраструктуры.

Исследования в области выявления трендов на основе семантического анализа текстовых корпусов и применения нейронных сетей демонстрируют многообразие методов:

- методы на основе статистических метрик и TF-IDF;
- методы на основе Word2Vec и векторных представлений слов;
- методы на основе латентного семантического анализа (LSA);
- методы на основе латентного размещения Дирихле (LDA);
- методы на основе архитектуры Transformer и графовых нейронных сетей.

Первая группа статей описывает метод, который использует метрики для оценки значимости терминов на основе их распределения в документах и коллекциях. Такой подход позволяет фильтровать шум, выделять релевантные термины и конструкции, а также количественно оценивать их важность и динамику [2]. Вторая группа исследований использует подход на основе векторных представлений слов. Здесь слова преобразуются в числовые векторы таким образом, что слова со схожим значением оказываются ближе друг к другу в числовом пространстве, что позволяет автоматически анализировать большие объемы текстов и выявлять в них скрытые тематические структуры без заранее заданной тематической классификации [1, 3]. Третья группа исследований применяет латентный семантический анализ для снижения размерности данных и выявления скрытых тематических структур. Подход позволяет объективно и системно анализировать большие массивы текстов и выявлять основные тренды [4, 5]. Объединяющим методом для четвертой группы исследований является вероятностное тематическое моделирование. Данный подход

позволяет автоматически выявлять скрытые тематические структуры в больших коллекциях текстовых документов [5]. Использование продвинутых нейросетевых архитектур позволяет анализировать сложные структурные зависимости в данных. Метод характеризуется способностью учитывать как контекстные зависимости через механизмы внимания, так и глубокие семантические связи через графовые представления [6].

Методы

Методология исследования включает сбор текстовых корпусов по АП с последующей обработкой встроенными инструментами текстовой аналитики. Для анализа применяются алгоритмы машинного обучения, а также методы кластеризации K-means и иерархическую кластеризацию.

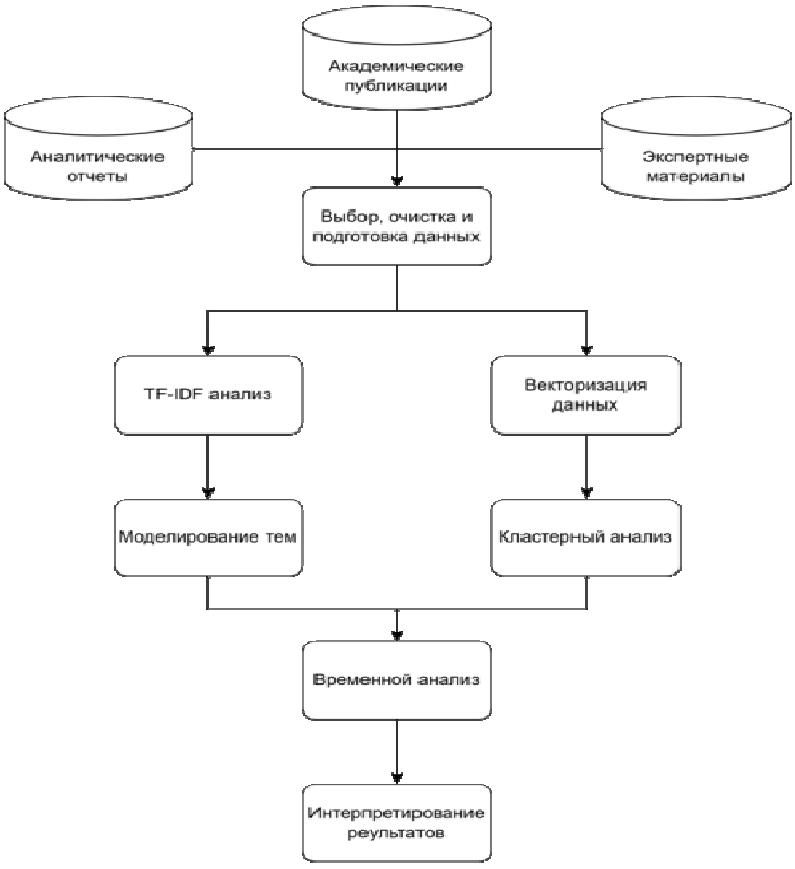


Рис. 1. Схема анализа (источник: разработано авторами по данным [2, 5])

Были выделены и систематизированы источники по их происхождению и научному статусу:

- статьи из рецензируемых журналов и конференций;
- специализированные журналы, аналитические отчёты Gartner, Forrester, Orbus Software, публикации на платформе, Semantic Scholar;
- корпоративные и экспертные материалы.

Результаты

Исследование выявило отчетливо структурированную иерархию технологических концепций.

Лидирующее положение занимает аналитика больших данных, что отражает критическую роль работы с информацией в современных организациях. Технологии Big Data объединяют разные виды данных в центральных хранилищах, обрабатывают эти данные с помощью современных фреймворков и показывают результаты в наглядном виде. Бизнес-ценность выражается в выявлении скрытых закономерностей потребительского поведения, точном прогнозировании спроса и оптимизации операционных процессов.

Микросервисная архитектура занимает второе место и находится в стадии активного роста. Этот тренд представляет собой переход от единых приложений к набору независимых частей, которые можно обновлять или исправлять по отдельности. Такой подход ускоряет разработку новых функций, снижает риски сбоев системы и позволяет командам работать параллельно.

Машинное обучение расширяет возможности аналитики путём автоматического обучения систем на исторических данных. Алгоритм самостоятельно находит оптимальную стратегию решения задачи на основе примеров из прошлого, без явного программирования всех правил.

Период 2020-2021 годов характеризовался фокусом на базовых технологиях облачных платформ и кибербезопасности. К 2023-2024 годам на первый план вышли специализированные направления – микросервисы, машинное обучение и BDA. Пиковая активность 2024-2025 годов отражает переход от теоретического обсуждения к массовой реализации сложных архитектурных решений.

Применение k-means кластеризации с анализом силуэтного коэффициента выделило шесть устойчивых тематических кластеров, организованных в три слоя значимости. Основной кластер включает управление данными и аналитику, кибербезопасность и устойчивость архитектуры, а также микросервисную архитектуру. Вторичные направления охватывают облачные платформы, телекоммуникационные решения, цифровую трансформацию и управление. Развивающееся направление представлено компонуемостью и API-экономикой.

Доминирование BDA, микросервисов и машинного обучения указывает на формирование триады "данные-модульность-интеллект" как ключевого паттерна современной АП. Концентрация развивающихся трендов в 2024-2025 годах свидетельствует о начале нового цикла инноваций, где генеративный ИИ и ESG-подходы определят архитектурные решения следующего десятилетия.

Обсуждение

В рамках верификации результатов, полученных методами TF-IDF и тематического моделирования, был применен альтернативный подход – дообучение модели «Нейроэксперт» от Яндекса на текстовом корпусе исследований по АП.

В результате модель выявила тренды: использование облачных технологий, микросервисная архитектура и контейнеризация, сервис-ориентированная архитектура, архитектура, ориентированная на данные, аналитика больших данных, интеграция искусственного интеллекта и машинного обучения и кибербезопасность.

Результаты исследования имеют прямую экономическую ценность для оптимизации ИТ-инфраструктуры и управления бюджетом. Выявление слабых сигналов позволяет организациям на 12-18 месяцев раньше конкурентов подготовиться к массовому переходу на новые архитектурные парадигмы. Организации, внедрившие микросервисную архитектуру на ранней стадии её роста, накопили критическую экспертизу и амортизировали инвестиции, в то время как запоздалые последователи вынуждены нести повышенные затраты на ускоренное внедрение и переобучение персонала.

Заключение

Использование методов тематического моделирования подтвердило наличие шести ключевых семантических ядер (данные и аналитика, кибербезопасность, микросервисная архитектура, облачные платформы, цифровые двойники и компонуемость), которые формируют основу для приоритизации ИТ-инвестиций и фокусировки бюджетов на наиболее значимых направлениях развития архитектуры предприятия. За счёт концентрации ресурсов на этих ядрах организации могут сокращать распыление затрат и повышать отдачу от вложений в инфраструктуру.

Список литературы

1. Лобанова П.А., Кузьминова И.Ф., Каратецкая Е.Ю., Сабидаева Е.А., Анпилогов В.В. Выявление трендов с помощью NLP как механизм поддержки принятия решений // Искусственный интеллект и принятие решений. - 2022. - №4. - С. 88-98.

2. Логинова И.В., Пиекалнитс А.С., Соколов А.В. Использование семантического анализа для автоматизированного выявления хайповых технологий // Программные продукты и системы. 2025. №1. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-semanticheskogo-analiza-dlya-avtomatizirovannogo-vyyavleniya-haypovyh-tehnologiy (дата обращения: 20.11.2025).

3. Панамарева О.Н., Лука В.В., Сухарев Д.А. Реализация кластеризации новостных потоков на основе векторных представлений текста // Известия ТулГУ. Технические науки. - 2024. - №7. - С. 88-98.

4. Хрищатый А.С. Исследование использования нейросетей для анализа данных и принятия бизнес-решений: анализ эффективности использования нейросетей для обработки больших объемов данных и предоставления ценных инсайтов для принятия решений // Инновации и инвестиции. - 2023. - №7. - С. 294-298.

5. Alzboon M. Семантический анализ текста в социальных сетях и данных Обработка: обзор и будущие направления // Письма по информационным наукам. - 2022. - №11. - С. 1371-1384.

6. Gurcan F., Boztas G.D., Menekse Dalveren G.G., Derawi M. Стратегии, методы и тенденции цифровой трансформации: масштабное ретроспективное исследование на основе машинного обучения // Устойчивость. - 2023. - №15.

УДК 004.057.8

РОЛЬ OPEN SOURCE В РАЗВИТИИ ОПЕРАЦИОННЫХ СИСТЕМ И ПРИКЛАДНОГО ПО

З.В. Брезгин, студент [1, а)],
А.Р. Султанова, студент [1, б)],
А.О. Блинов, канд. техн. наук [1, в)]
[1] ФГБОУ ВО «РГСУ», Москва, Российская Федерация
E-mail: [а)] gooddy292@gmail.com, [б)] aminagolden01@gmail.com, [в)] BlinovAO@rgsu.net

Аннотация: В статье рассматривается развитие отрытого кода в операционных системах и прикладном программном обеспечении и влияние исходного кода на нашу реальность и безопасность скачивания программ. Также рассматривается история движения Open Source, происхождение термина и ключевые фигуры, стоявшие у его истоков.
Ключевые слова: операционные системы, открытый код, исходный код, прикладное программное обеспечение.

THE ROLE OF OPEN SOURCE IN THE DEVELOPMENT OF OPERATING SYSTEMS AND APPLICATION SOFTWARE

Z.V. Brezgin [1, a)], **A.R. Sultanova** [1, b)], **A.O. Blinov** [1, c)],
[1] Russian State Social University, Moscow, Russian Federation
E-mail: [a)] gooddy292@gmail.com, [b)] aminagolden01@gmail.com, [c)] BlinovAO@rgsu.net

Abstract: The article examines the development of open source code in operating systems and application software, and the impact of source code on our reality and the security of software downloads. It also explores the history of the Open Source movement, the origin of the term, and the key figures who shaped its early stages.
Keywords: operating systems, open source, source code, application software.

Введение

Роль Open Source (открытый исходный код) в нашей современности важна как для обычного пользователя, так и для людей, которые работают в сфере IT [3,4]. Сам по себе готовый файл для загрузки приложения имеет имя «…».exe (формат файлов для загрузки на операционную систему Windows) и состоит из подобранных символов, понятных только компьютеру. После компиляции внутренний код программы недоступен для понимания обычного специалиста. Однако при наличии исходного кода любой человек может изучить логику программы, доработать её, заимствовать отдельные фрагменты для своих задач или убедиться в отсутствии вредоносных компонентов, поскольку в открытом исходном коде скрыть вирус практически невозможно [1]. Открытый код также полезен для людей, которые только начали изучать программирование. Для них открытый код имеет функцию примера либо изучения новых приёмов написания кода [3].

Эта статья о том, как исходный код определяет технологическое развитие сегодня, почему без него невозможно создание ни современных ОС, ни сложного ПО, и почему наш цифровой мир просто не смог бы двигаться вперёд.

Методы

Open Source в переводе с английского означает «открытый исходный код» или «программное обеспечение с открытым исходным кодом» [3]. Определение было выдвинуто в 1998 году Эриком Реймондом и Брюсом Перенсом, но по-настоящему создателем термина считается Кристин Питерсон, соосновательница Foresight Institute и химик по образованию [2]. Также важными фигурами в становлении термина стали Линукс Торвальд (создатель операционной системы Linux) и Ричард Мэттью Столлман (основатель движения свободного программного обеспечения, проекта GNU, Фонда свободного программного обеспечения и Лиги за свободу программирования). Исходный код предназначен, в первую очередь, для специалистов в соответствующей области. Используя системы контроля версий, такие как GIT, они открыто делятся своими наработками. Это позволяет другим разработчикам изучать, повторно использовать и адаптировать уже готовые решения под свои задачи. Такой подход значительно сокращает время, необходимое для создания новой операционной системы или разработки программного обеспечения с нуля, поскольку можно использовать готовые, проверенные фрагменты кода [4]. Благодаря такому подходу появляются новые разработчики, которые могут быстро обучаться, изучая исходные коды, ранее загруженные в систему GIT, поэтому специалистов конкретных сфер может стать больше [3].

Также важный фактор исходного кода в операционных системах и прикладном программном обеспечении – это его безопасность. Имея перед глазами исходный код и человека, который может его прочитать (IT специалист в сфере программирования), имеется возможность с высокой долей вероятности определить передает ли программа данные третьим лицам, и не является ли она

майнером для компьютера пользователя [1]. Как показывает практика, все программы с закрытым кодом не гарантируют защиту от утечек данных в Интернет. Исходя из вышеперечисленного, можно прийти к выводу, что Open Source это то, что нужно каждому человеку, желающему начать свой путь в сфере программирования.

Результаты

Операционные системы долгое время имели закрытый исходный код. Одна из первых таких систем появилась в 1953 году и называлась A-2 [5]. Со временем были разработаны новые операционные системы, которые не публиковали свой код. Второй операционной системой считается UNIX, разработанная в 1973 году, но называть это системой с открытым исходным кодом не совсем корректно, так как он был открыт только образовательным центрам, и любое копирование было запрещено [1]. По настоящему открытой системой после A-2, давшей начало не только для открытого исходного кода в операционных системах, но также и в прикладном программном обеспечении, стало ядро Linux, которое было разработана в 1991 году. На момент 2025 года операционные системы, подобные Linux, используются на серверах и дата центрах, в телефонах с операционной системой Android, в ПК и суперкомпьютерах и других устройствах, что дает бурный рост в развитии человечества в сфере IT [4].

Как было сказано ранее, существуют прикладные программы, которые имеют открытый код. Тем, кто одним из первых публиковал свои наработки, стала компания IBM. Благодаря ей люди стали больше изучать программирование на высокоуровневых языках [2]. Программ с открытым исходным кодом стало намного больше, чем операционных систем, и это аргументируется использованием более простых языков программирования. Так как они более понятны для человека, на них используется меньше времени для создания программ, что привлекает больше специалистов [3]. Несмотря на то, что языки просты в понимании и не тратят много времени для создания, такие наработки более ценны, так как для работы многие люди используют только одну операционную систему, чего нельзя сказать о программах. Однако создание программного обеспечения для ОС сопряжено с бесконечным количеством нюансов, выходящих за рамки предыдущего опыта специалистов, и выгруженные исходные коды могут помочь в этих нюансах [1].

Заключение

Открытый исходный код – это не просто техническая деталь, а основа современного цифрового мира. Благодаря ему разработчики могут создавать сложные программы и операционные системы, не изобретая всё с нуля: готовые решения, как конструктор, ускоряют прогресс. Для пользователей это гарантия прозрачности, в открытых проектах сложно спрятать вредоносные функции, а для новичков в IT открытый код становится бесплатной «школой», где можно учиться на реальных примерах и даже вносить свой вклад.

История технологий демонстрирует, что открытость кода ведёт к прорывам. Путь от первых закрытых систем, подобных UNIX, к свободной ОС Linux, которая сегодня лежит в основе серверов, смартфонов и суперкомпьютеров, служит тому ярким подтверждением. Даже крупнейшие корпорации, такие как IBM, осознали: стратегия открытости и обмена знаниями экономически выгодна, поскольку стимулирует инновации и формирует новое поколение специалистов. В мире, где программы управляют почти всем: от банков до медицины, – открытый код делает технологии доступнее, безопаснее, а также быстрее развивается, без него наш цифровой ландшафт был бы закрытым, медленным и сложно изучаемым. Проще говоря, Open Source – это не просто инструмент для программистов – это фундамент, на котором строится будущее.

Список литературы

1. Воронкина И.Н. Интеграция «Open source»-продуктов с операционной системой, позволяющих достигать эффект кросс-платформенности и кросс-браузерности / И.Н. Воронкина, Д.Е. Белов, А.Ф. Шалин // Сборник научных трудов Ставропольского научно-исследовательского института животноводства и кормопроизводства. – 2013. – Т. 2, № 6. – С. 300–307. – EDN QJGGRP.

2. Казаков Д.Ф. Промышленная автоматизация: на пути к применению «open-source-контроллеров» / Д. Ф. Казаков // Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности: материалы Международной научно-технической конференции молодых ученых, Могилев, 29–30 октября 2020 г. – Могилев: Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования «Белорусско-Российский университет», 2020. – С. 36. – EDN CJONBQ.

3. Коломыцева А.О. Методология управления развитием цифровых open source проектов в государственных учреждениях / А.О. Коломыцева, Д.А. Максимус // Экономика строительства и городского хозяйства. – 2021. – Т. 17, № 1. – С. 5–14. – EDN IQRRJI.

4. Корякин С.В. Расширяемая модульная платформа на базе Open source решений для Security operations center / С.В. Корякин, Э.Х. Халмухамедов // Вестник Кыргызско-Российского Славянского университета. – 2022. – Т. 22, № 8. – С. 64–81. – DOI 10.36979/1694-500X-2022-22-8-64-81. – EDN NCXMYB.

5. Conceptual design and numerical simulation of long-pulsed 1-kA electron beam source for open magnetic traps / V.T. Astrelin, A.V. Burdakov, I.V. Kandaurov [et al.] // Izvestiya Vuzov. Fizika. – 2012. – Vol. 55, No. 10-3. – P. 30–35. – EDN RUKRCD.

УДК 004.4'23

ПРОГРЕССИВНЫЕ ФРЕЙМВОРКИ В ВЕБ-РАЗРАБОТКЕ НА ОСНОВЕ НЕЙРОСЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

А.С. Кель, студент [1, а)],
К.С. Евстраткин, студент [1, б)],
Д.А. Денисова, канд. техн. наук, доцент [1, в)],
[1] ФГБОУ ВО «РГСУ», Москва, Российская Федерация
E-mail: [а)] kelaleksandra2304@gmail.com , [б)] tinn02@mail.ru,
[в)] DenisovaDA@rgsu.net

Аннотация: В данной статье рассматриваются современные фреймворки и технологии искусственного интеллекта, применяемые в веб-разработке. Анализируются популярные фреймворки, такие как React, Vue.js, Angular, Django и Node.js, а также использование нейросетей и AI-инструментов, включая нейросетевой конструктор ZipWP для автоматического создания сайтов, направленных на автоматизацию и ускорение процесса программирования. Выявлены преимущества интеграции фреймворков с ИИ для повышения эффективности разработки.
Ключевые слова: веб-разработка, фреймворки, искусственный интеллект, нейросети, автоматизация, программирование, цифровые технологии.

PROGRESSIVE FRAMEWORKS IN WEB DEVELOPMENT BASED ON NEURAL NETWORK TECHNOLOGIES

A.S. Kel [1, a)], **K.S. Evstratkin** [1, b)], **D.A. Denisova** [1, c)],
[1] Russian State Social University, Moscow, Russian Federation
E-mail: [a)] kelaleksandra2304@gmail.com , [b)] tinn02@mail.ru,
[c)] DenisovaDA@rgsu.net

Abstract: This article examines modern frameworks and artificial intelligence technologies used in web development. It analyzes popular frameworks such as React, Vue.js, Angular, Django, and Node.js, as well as the use of neural networks and AI tools, including the neural network constructor ZipWP for automatic website creation, aimed at automating and accelerating the programming process. The advantages of integrating frameworks with AI to improve development efficiency are identified.
Keywords: web development, frameworks, artificial intelligence, neural networks, automation, programming, digital technologies.

Введение

Веб-разработка – это одна из областей IT-индустрии, которая как никогда важна в наших жизнях и сейчас данная отрасль стремительно развивается благодаря новым технологиям. За годы сложной работы появилось огромное количество инструментов, которые позволяют создавать сложные веб-приложения за считанные секунды. Особенно заметное влияние оказали фреймворки, что предоставляют разработчику готовую структуру и нейросети, которые автоматизировали большую часть работы программиста. Благодаря чему развилась скорость создания веб-сайтов и веб-приложений.

Прошлые подходы к разработке требовали больших временных затрат и тщательного проектирования с написанием ручного кода. Сегодня почти каждый обращается к инструментам, которые могут минимизировать рутину и сосредоточиться на главном. Поэтому так важно изучать новые методы разработки чтобы совершенствоваться в данном направлении.

Методы

Фреймворки занимают центральное место в современной веб-разработке, так как они значительно упрощают процесс создания, тестирования и поддержки приложений. Эти программные платформы предоставляют разработчикам готовую структуру проекта, что позволяет избежать повторяющегося кода и сосредоточиться на логике приложения [2].

Фронтенд-фреймворки:

– React – библиотека JavaScript, ориентированная на создание пользовательских интерфейсов, с компонентной архитектурой и виртуальным DOM.

– Vue.js – лёгкий прогрессивный фреймворк, подходящий как для новичков, так и для сложных приложений.

– Angular – фреймворк на TypeScript от Google с поддержкой масштабных SPA-решений и встроенными инструментами архитектуры MVC.

Бэкенд-фреймворки:

– Django – фреймворк на Python, обеспечивающий быстрый старт, безопасность и готовую административную панель.

– Node.js / Express.js – платформа на JavaScript для серверной части, подходящая для приложений с высокой нагрузкой и одностраничных приложений.

– Laravel – фреймворк на PHP с элегантным синтаксисом и широким набором инструментов.

Современные фреймворки активно развиваются и интегрируются с инструментами автоматизации и искусственного интеллекта. Многие из них имеют поддержку AI-плагинов или API, что позволяет внедрять интеллектуальные функции прямо в процесс разработки [3].

Node.js – это бесплатная кроссплатформенная среда выполнения JavaScript с открытым исходным кодом. Она создана на движке V8

от Google, он используется для преобразования JavaScript в компьютерный код. В отличие от браузера, где возможности языка ограничены взаимодействием с веб-страницей, Node.js придаёт JavaScript универсальность.

Главная архитектурная особенность – асинхронное программирование. Оно помогает расходовать ресурсы сервера грамотнее, а приложение может обрабатывать большое количество запросов одновременно. Это и отличает Node.js от традиционных PHP, Ruby или классических реализаций Java.

Рассмотрим глубже принцип работы данной особенности. Как только поступает запрос Node.js не ждёт когда операция завершится, а сразу переходит к следующему запросу, как только результат готов, модель возвращает ответ. Этот процесс называется: “non-blocking I/O” – неблокирующий ввод-вывод. Это позволяет избежать блокировок при работе с файлами и сетевыми запросами. Данный подход управляется событийным циклом (event loop), который постоянно отслеживает, есть ли задачи для выполнения или вызывает нужные обработчики событий. По факту он работает как диспечер. Благодаря этому Node.js показывает исключительную эффективность при работе с задачами, часто использующими ввод/вывод и поддерживает выполнение множества одновременных задач.

Практический пример – это веб-сервер. В обычной синхронной модели каждый новый подключенный клиент мог бы требовать выделения отдельного потока, что быстро исчерпывает ресурсы сервера при тысячах подключений. Node.js, используя один поток и событийный цикл, может обрабатывать десятки тысяч одновременных подключений, просто переключаясь между их запросами по мере готовности данных.

Исходя из своей архитектуры, Node.js оптимально подходит для создания производительных сетевых приложений. Он часто выступает в роли веб-сервера и бэкенда для современных веб-приложений и одностраничных приложений.

Особенно сильны его позиции в разработке легковесных REST API, микросервисов и приложений реального времени, таких как чаты, онлайн-игры и интерактивные панели совместной работы. Эта эффективность достигается благодаря неблокирующему вводу-выводу и поддержке технологий вроде WebSockets.

Кроме того, Node.js отлично справляется с потоковой передачей и обработкой данных, таких как аудио, видео, большие файлы. Также используется для создания инструментов командной строки и быстрой агрегации информации из нескольких источников в единый ответ.

Что не является сильной стороной Node.js, так это вычислительно сложные задачи. Длительные математические расчеты, обработка изображений/видео, машинное обучение в основном потоке блокируют событийный цикл, сводя на нет все преимущества параллелизма. Для таких задач используются отдельные процессы очереди задач. Также монолитные приложения с тяжелой бизнес-логикой. Хотя это возможно, традиционные строго типизированные языки Java, C#, Go часто предпочтительнее из-за структурности и предсказуемости на больших проектах.

Подводя итог Node.js – лучший выбор, когда нужна высокая производительность для сетевых и I/O-задач, быстрая разработка и масштабируемость. Идеален для API, приложений в реальном времени (чаты, уведомления) и микросервисов, особенно если команда уже знает JavaScript. Главный плюс – асинхронная модель, которая эффективно обрабатывает тысячи одновременных подключений. Но для сложных вычислений как аналитика и обработка видео лучше рассмотреть другие технологии [4].

Далее расскажем про нейросетевой конструктор Zip Wp. Это инструмент для создания веб-сайтов в пару шагов. Он облегчает создание тем, что генерирует адаптивные веб-ресурсы на основе ключевых слов, полностью упрощая процесс дизайна и верстки. Zip Wp генерирует огромное количество уникальных вариантов дизайна, которые можно в дальнейшем интегрировать в WordPress для дальнейшей разработке на своём домене и хостинге. И также хочется отметить, что все созданные сайты подходят для просмотра на различных устройствах.

Если правильно использовать данный конструктор, то он становится мощным инструментом для быстрого и эффективного создания веб-сайтов.

Результаты

Результат данной работы показал, что современная веб-разработка переживает новый этап разработки под влиянием искусственного интеллекта. Такие фреймворки как: Node.js, React, Vue.js, Angular и другие создают основу для веб-приложений и веб-сайтов, а искусственный интеллект дополняет этот процесс обеспечивая автоматизацию рутинных задач. Пример практического применения такого подхода является Zip Wp, который показывает, как нейросетевые модели облегчают разработку веб-сайтов [1].

Но применение искусственного интеллекта требует ответственного подхода, ведь необходимо учитывать вопросы безопасности данных и проверять нейросеть, ведь не всегда она выдаёт правильную генерацию кода. Поэтому процесс разработки невозможен без человека.

Заключение

В заключении хочется отметить, что правильное использование фреймворков и нейросетей в разработке трансформируют привычное программирование, переводя разработку веб-приложений в быстрый и качественный, человеко-ориентированный процесс.

Список литературы

1. Беспалов В. Программный код от нейросети. Доверяем, но проверяем. – Uplab, 2025. – URL: https://www.uplab.ru/blog/programmnyy-kod-ot-neyroseti-doveryaem-no-proveryaem/ (дата обращения: 01.12.2025).

2. Gimal-Ai. Обзор лучших AI-фреймворков для разработки искусственного интеллекта. – 2025. – URL: https://gimal-ai.ru/blog/obzor-luchshih-ai-freymvorkov-dlya-razrabotki-iskusstvennogo-intellekta/ (дата обращения: 01.12.2025).

3. Modern frameworks for web-application development / J. Rabcan, A. Gumarova, A. Vakhitova, G. Kamalova // Science and Education. – 2023. – No. 3-3(72). – P. 33–40. – DOI 10.52578/2305-9397-2023-3-2-33-40. – EDN KGKWAD.

4. Pechenev D.E., Kirilenko I.A., Afonina O.A. Framework for machine instruction usage analysis // Proceedings of the Institute for System Programming of the RAS. – 2023. – Vol. 35, No. 3. – P. 163–170. – DOI 10.15514/ISPRAS-2023-35(3)-12. – EDN CQVISY.

УДК 004.912

МЕХАНИЗМ АДАПТИВНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЛИДОВ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОДАЖ МЕНЕДЖЕРОВ

Г.П. Конюхова, канд. пед. наук, доцент [1, а)],
С.С. Пушин, студент [1, б)]
[1] ФГАОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН», Москва, Российская Федерация
E-mail: [а)] serega.pushinp@mail.ru [б)] maurico@yandex.ru

Аннотация: Основной целью данной статьи является описание разработки объекта для платформы «1С:УНФ», позволяющего автоматизировать процесс распределения входящих лидов между менеджерами на основе их индивидуальной эффективности. Алгоритм распределения учитывает ключевые показатели работы каждого менеджера, такие как коэффициент конверсии, загрузка, текущая доступность менеджера и список доступных ему специальностей. При подготовке статьи были изучены материалы по автоматизации процессов продаж, анализ эффективности менеджеров, а также особенности разработки программных решений в среде «1С:УНФ». Кроме того, использованы практические знания и опыт автора в области программирования и внедрения алгоритмических систем распределения данных. Результатом работы является описание архитектуры объекта, принципа работы алгоритма, а также преимуществ автоматизации распределения лидов. Представленная система может быть полезна компаниям, стремящимся повысить эффективность отдела продаж и улучшить качество работы с клиентами.
Ключевые слова: лид, автоматизация, распределение лидов, эффективность менеджеров, алгоритм, 1С:УНФ, продажи.

MECHANISM FOR ADAPTIVE LEAD DISTRIBUTION BASED ON ANALYSIS OF SALES MANAGERS' EFFICTIVENESS

G.P. Konukhova [1, a)], **S.S. Pushin** [1, b)]
[1] Moscow State University of Technology «STANKIN», Moscow, Russia
E-mail: [а)] serega.pushinp@mail.ru [б)] maurico@yandex.ru

Abstract: The main objective of this article is to describe the development of a module for the “1C:UNF” platform that enables the automation of incoming lead distribution among managers based on their individual efficiency. The distribution algorithm takes into account key performance indicators of each manager, such as conversion rate, workload, current availability, and the list of specializations accessible to them. In preparing this article, materials related to sales process automation, manager performance analysis, and the specifics of developing software solutions within the “1C:UNF” environment were studied. In addition, the author’s practical knowledge and experience in programming and implementing algorithmic data distribution systems were applied. The result of this work is a description of the module’s architecture, the logic of the distribution algorithm, and the advantages of automating lead assignment. The presented system may be useful for companies aiming to improve the efficiency of their sales departments and enhance the quality of customer interactions.
Keywords: lead, automation, lead distribution, manager efficiency, algorithm, 1C:UNF, sales.

Введение

Автоматизация бизнес-процессов является одним из ключевых факторов повышения эффективности работы современных предприятий. В условиях высокой конкуренции и растущего объёма входящих обращений особую роль играет качество и скорость обработки «лидов». «Лид» — это потенциальный клиент, проявивший интерес к товару или услуге, а также контактная информация этого человека: имя, телефон, электронная почта. Рациональное распределение лидов между менеджерами позволяет не только повысить результативность отдела продаж, но и обеспечить более равномерную загрузку сотрудников, минимизировать человеческий фактор и увеличить общий показатель конверсии.

Лид-менеджмент представляет собой совокупность процессов по приёму, оценке, распределению и обработке потенциальных клиентов. От того, насколько оперативно и корректно лид передаётся ответственному менеджеру, зависит вероятность успешного завершения сделки. В традиционных системах распределение лидов часто выполняется вручную, что увеличивает риск ошибок, замедляет работу и затрудняет контроль эффективности каждого отдельного менеджера.

Одним из направлений цифровизации коммерческих подразделений является внедрение автоматизированных систем распределения лидов на основе метрик эффективности сотрудников. Такие системы позволяют учитывать реальные показатели работы — конверсию, скорость обработки, нагрузку, качество коммуникаций — и на основе этих данных принимать оптимальные решения о назначении входящих лидов.

В данной статье рассматривается разработка программного решения, которое автоматизирует распределение лидов между менеджерами, используя данные о качестве обработки ими лидов и критериев, установленных

руководством. Описываются принципы работы алгоритма, архитектура объекта системы для платформы «1С:УНФ», а также преимущества внедрения подобного инструмента в процессе управления продажами.

Методы

Основной объект, который будет рассматриваться в статье – справочник «Схемы распределения заявок», который содержит информацию о направлениях лидов, таблицы первый, второй и третий приоритет, в которых хранятся списки менеджеров. Элемент справочника «Схемы распределения заявок» может быть создан вручную.

Следующим рассматриваемым объектом статьи будет «Настройка системы распределения заявок», который будет формироваться и редактироваться руководством. Данный регистр будет содержать информацию о направлениях и параметрах, определяющих, на какого менеджера нужно перевести лид.

Последним рассматриваемым объектом будет регламентное задание «Перераспределение менеджеров», которое будет один раз в сутки получать конверсии менеджеров по направлениям и, на основе результата, и менять приоритет каждого менеджера в справочнике «Схемы распределения заявок».

Разработанная для автоматизации и улучшения качества обработки входящего лида система значительно увеличивает качество обработки входящего лида. Данная система несет для компании, в которую она внедряется, следующие положительные изменения:

1) значительное сокращение трат на отдел колл-центра;
2) увеличение скорости продажи продукта клиенту;
3) улучшение качества работы с клиентом;
4) повышение узнаваемости компании и её репутации на рынке за счет более качественной работы менеджера с клиентом.

Результаты

При анализе бизнес-процессов компании и требований руководства к функционалу «1С:УНФ», была выявлена необходимость внедрения данной системы в уже существующий бизнес-процесс компании.

Используя данные о направлении и тематике входящего лида, в системе формируется «sql-запрос» к полям справочника «Схемы распределения заявок», регистра сведений «Настройка системы распределения заявок» и документа «Сделка». Документ «Сделка» содержит данные об обработке предыдущих лидов. Результатом данного запроса является менеджер, на которого необходимо перевести входящего лида.

Для определения менеджера, на которого необходимо перевести лид, используются следующие критерии:

1. Возможность менеджером принять обращение: его телефон не должен находится в статусе «Нет на месте» и он не должен разговаривать с другим клиентом.

2. Менеджер должен быть в списке справочника «Схемы распределения заявок», который связан с направлением входящего лида.

3. Количество уже переведенных на менеджера лидов не должно превышать указанное в системе значение.

4. Менеджер должен быть выше других менеджеров по приоритету в данном направлении.

Следующий элемент системы регламентное задание «Перераспределение менеджеров». Регламентное задание использует данные о конверсиях в продажу менеджеров по полученным заявкам за определенный, настраиваемый руководством, период и изменять «приоритет» менеджера в справочнике «Схемы распределения заявок».

Так как при разработке новой системы или усовершенствовании уже существующей на рынке необходимо учитывать конкурирующие решения, которые предоставляют схожие функции или даже превосходят полученную систему в некоторых аспектах, необходимо проведение анализа конкурентов и их продуктов. Рассмотрим несколько таких решений.

1. *Система AmoCRM*: система предоставляет инструменты автоматизации, включая роботов распределения лидов, настройку воронок, интеграции с мессенджерами, телефонией и чат-ботами. Механизм автопередачи лидов настроен достаточно гибко и позволяет учитывать отдельные параметры входящих обращений.

2. *Система SAP CRM*: система предлагает расширенные механизмы маршрутизации, включая автоматическое распределение обращений на основе правил, сегментацию клиентов, прогнозную аналитику и оценку эффективности менеджеров. Система способна учитывать сложные критерии, такие как география, загрузка сотрудников, навыки, история взаимодействий и KPI.

3. *Система Microsoft Dynamics 365 Sales*: система поддерживает автоматическое распределение лидов на основе правил, бизнес-процессов и аналитических моделей. Dynamics CRM включает инструменты оценки эффективности менеджеров, построение прогнозов продаж, анализ воронки и продвинутую отчётность. Встроенный механизм Power Automate позволяет создавать сложные сценарии передачи лидов, учитывающие загрузку, специализацию, производительность и другие параметры.

Заключение

В данной статье была рассмотрена разработанная система для платформы «1С:УНФ», позволяющая автоматизировать процесс распределения входящих лидов между менеджерами на основе их эффективности и установленных критериев. Описанный механизм использует данные о направлении лида, историю обработки предыдущих обращений, а также параметры, заданные руководством, что позволяет осуществлять распределение наиболее рациональным образом.

Система учитывает доступность менеджеров, их приоритеты, специализации, текущую нагрузку, а также соответствие направлениям и тематикам лидов.

Также в статье было отмечено, что данная система позволяет сократить расходы на колл-центр и повысить репутацию компании за счет более качественной работы менеджера с клиентом.

Список литературы

1. Прокуровский А.А., Буланов Г.А., Андреев И.А. Программирование на встроенном языке платформы 1С:Предприятие 8. Практикум. – Москва: Издательство " 1С-Паблишинг", 2023. – 70 с.

2. Хрусталева Е.Ю. Технологии интеграции. 1С:Предприятия 8.3. – Москва: Издательство: «1С», 2011. – 240 с.

3. Кашаев С.М.. 1С:Предприятие 8.3. Программирование и визуальная разработка на примерах. – Санкт-Петербург: Издательство " БХВ-Петербург", 2015. – 336 с.

УДК 004.912

АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЛИДОВ НА ОСНОВЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕНЕДЖЕРОВ

Г.П. Конюхова, канд. пед. наук, доцент [1, а)],
С.С. Пушин, студент [1, б)]
[1] ФГАОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН», Москва, Российская Федерация
E-mail: [а)] serega.pushinp@mail.ru [б)] maurico@yandex.ru

Аннотация: В статье рассматривается разработка программного решения, предназначенного для автоматизации процесса распределения входящих лидов между менеджерами отдела продаж образовательной компании, специализирующейся на медицинском обучении врачей. В рамках предложенного подхода распределение лидов осуществляется с учетом направления профессиональной подготовки, показателей эффективности менеджеров, а также установленных ограничений по загрузке. Реализованный механизм позволяет формализовать процесс обработки обращений, снизить влияние человеческого фактора и повысить конверсию продаж образовательных программ. Описываются структура программного комплекса, используемые аналитические методы и принципы работы алгоритма автоматического распределения. Полученные результаты демонстрируют целесообразность внедрения подобных решений для повышения управляемости и эффективности бизнес-процессов в сфере образовательных услуг.

Ключевые слова: лид, автоматизация, распределение лидов, эффективность менеджеров, медицинское образование, CRM-система, алгоритм распределения

AUTOMATION OF LEAD DISTRIBUTION BASED ON MANAGER EFFICIENCY

G.P. Konukhova [1, a)], **S.S. Pushin** [1, b)]
[1] Moscow State University of Technology «STANKIN», Moscow, Russia
E-mail: [a)] serega.pushinp@mail.ru [б)] maurico@yandex.ru

Abstract: The article examines the development of a software solution designed to automate the process of distributing incoming leads among sales managers of an educational company specializing in medical training for physicians. Within the proposed approach, lead distribution is carried out taking into account the area of professional specialization, performance indicators of managers, as well as predefined workload constraints. The implemented mechanism makes it possible to formalize the lead processing workflow, reduce the influence of the human factor, and increase the conversion rate of educational program sales. The structure of the software system, the applied analytical methods, and the operating principles of the automatic distribution algorithm are described. The obtained results demonstrate the feasibility of implementing such solutions to improve the controllability and efficiency of business processes in the field of educational services.
Keywords: lead, automation, lead distribution, manager efficiency, medical education, CRM system, distribution algorithm

Введение

В условиях цифровизации и роста конкуренции на рынке образовательных услуг особое значение приобретает эффективность процессов привлечения и обработки потенциальных клиентов. Для компаний, осуществляющих продажу программ медицинского обучения, входящий лид представляет собой врача, заинтересованного в повышении квалификации по определенному направлению или специальности. От оперативности и корректности обработки такого обращения напрямую зависит вероятность заключения сделки и общий уровень конверсии.

Традиционные подходы к распределению лидов, основанные на ручном назначении или простых правилах очередности, не учитывают специфику направлений медицинского обучения, различия в компетенциях менеджеров и динамику их результативности. Это приводит к неравномерной загрузке сотрудников, снижению качества коммуникаций и потере потенциальных клиентов.

В связи с этим актуальной является задача разработки автоматизированной системы распределения лидов, способной учитывать показатели эффективности менеджеров, направления медицинских программ и ограничения по загрузке. Использование аналитических механизмов и формализованных правил

распределения позволяет повысить прозрачность процесса, снизить влияние субъективных факторов и обеспечить устойчивое повышение показателей продаж.

Целью данной статьи является описание подхода к автоматизации распределения лидов на основе эффективности менеджеров, а также представление результатов реализации соответствующего программного комплекса.

Материалы и методы

В качестве основы для реализации системы автоматического распределения лидов использована конфигурация платформы «1С:Предприятие», адаптированная под задачи управления продажами образовательных программ. Ключевыми объектами системы являются специализированные справочники и регистры сведений, предназначенные для хранения информации о правилах распределения и показателях эффективности менеджеров.

Центральным элементом является справочник таблиц распределения заявок, содержащий перечни менеджеров с различной приоритетностью, а также связанные с ними направления и тематики медицинского обучения. Дополнительно используется регистр настроек распределения, в котором фиксируются пороговые значения конверсии и лимиты сделок на менеджеров по каждому направлению.

Для определения эффективности менеджеров применяется аналитический расчет конверсии на основе данных о ранее обработанных лидах и завершенных сделках. Распределение входящего лида осуществляется с использованием запросов к базе данных, учитывающих направление обращения, текущую загрузку менеджеров, их приоритет и достигнутые показатели эффективности.

Методологической основой работы являются методы анализа бизнес-процессов, проектирования информационных систем и прикладной разработки в среде «1С». Также использованы элементы сравнительного анализа существующих CRM-решений и подходов к автоматизации продаж.

Результаты

В ходе анализа бизнес-процессов образовательной компании была выявлена необходимость внедрения автоматизированного механизма распределения лидов, интегрированного в существующую CRM-систему. Реализованный программный комплекс обеспечивает автоматическое назначение ответственного менеджера при поступлении нового лида без необходимости ручного вмешательства.

Алгоритм распределения учитывает следующие критерии: соответствие направления лида специализации менеджера, текущую доступность сотрудника, установленный лимит сделок, а также приоритетность, формируемую на основе показателей конверсии. При достижении заданных значений эффективности

система автоматически корректирует приоритет менеджера в рамках соответствующего направления.

Практическое применение разработанного решения позволяет сократить время обработки входящих обращений, обеспечить более равномерную загрузку менеджеров и повысить общий уровень конверсии. Дополнительно система предоставляет инструменты мониторинга и журналирования распределения, что повышает прозрачность и управляемость процесса.

Проведенный анализ существующих CRM-систем показал, что хотя многие решения предоставляют базовые механизмы автоматического распределения, учет эффективности менеджеров в разрезе специализированных медицинских направлений реализован ограниченно или требует значительной доработки.

Заключение

В статье представлен подход к автоматизации распределения лидов на основе эффективности менеджеров, ориентированный на специфику продаж образовательных программ в сфере медицины. Разработанный программный комплекс позволяет формализовать процесс обработки входящих обращений врачей, снизить влияние человеческого фактора и повысить результативность работы отдела продаж.

Использование аналитических показателей и динамического управления приоритетами менеджеров обеспечивает адаптацию системы к изменяющимся условиям и позволяет поддерживать высокий уровень конверсии. Полученные результаты подтверждают целесообразность внедрения подобных решений в образовательных компаниях и могут быть использованы при дальнейшем развитии систем управления продажами и клиентскими взаимодействиями.

Список литературы

1. Прокуровский А.А., Буланов Г.А., Андреев И.А. Программирование на встроенном языке платформы 1С:Предприятие 8. Практикум. - Москва: Издательство " 1С-Паблишинг", 2023. – 70 с.

2. Хрусталева Е.Ю. Технологии интеграции. 1С:Предприятия 8.3. – Москва: Издательство: «1С», 2011. – 240 с.

3. Кашаев С.М. 1С:Предприятие 8.3. Программирование и визуальная разработка на примерах. – Санкт-Петербург: Издательство " БХВ-Петербург", 2015. – 336 с.

УДК 004.94

РАЗРАБОТКА ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОГО API GATEWAY CONFIGURATOR ДЛЯ КОРПОРАТИВНЫХ СИСТЕМ

Е.Ш. Акманова, студент [1, а)],
В.Е. Петров, канд. техн. наук, доцент [1, б)]
[1] ФГАОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН», Москва, Российская Федерация
E-mail: [а)] e.akmanova@stankin.ru, [б)] v.petrov@stankin.ru

Аннотация: Представлено архитектурное решение и метод реализации высокопроизводительного конфигуратора API Gateway в корпоративных системах. Рассмотрены проблемы управления маршрутизацией в микросервисной архитектуре, предложена модель конфигурации с поддержкой динамического обновления.
Ключевые слова: API Gateway, микросервисная архитектура, высокопроизводительные системы, конфигурационное управление, маршрутизация запросов, корпоративные приложения.

DEVELOPING A HIGH-PERFORMANCE API GATEWAY CONFIGURATOR FOR CORPORATE SYSTEMS

E.S. Akmanova [1, a)], **V.E. Petrov** [1, b)]
[1] Moscow State University of Technology «STANKIN», Moscow, Russia
E-mail: [а)] e.akmanova@stankin.ru, [б)] v.petrov@stankin.ru

Abstract: This paper presents an architectural solution and an implementation method for a high-performance API Gateway configurator in corporate systems. The problems of managing routing in a microservices architecture are considered, and a configuration model supporting dynamic updates is proposed.
Keywords: API Gateway, microservices architecture, high-performance systems, configuration management, request routing, enterprise applications.

Введение

API Gateway, являясь критическим компонентом в архитектуре микросервисных приложений, централизует такие функции, как маршрутизация, безопасность и мониторинг, напрямую определяя доступность конечного продукта. Однако экспоненциальный рост количества микросервисов и требование минимального Time-to-Market (TTM) трансформируют управление его динамической конфигурацией в сложную инженерную задачу, где ключевыми метриками эффективности выступают Time-to-Update (TTU) и

производительность (RPS). Традиционные подходы, основанные на централизованных базах данных и синхронных операциях обновления, создают узкие места, увеличивают задержки и несут риск каскадных отказов под нагрузкой, что ставит под сомнение их применимость в высокомасштабируемых средах. Данное исследование фокусируется на решении фундаментальной проблемы: разработке механизма мгновенного, надёжного и согласованного распространения конфигураций в распределённом кластере шлюзов без деградации их производительности.

Предлагаемое решение

Решение лежит в комбинации трех принципов: low-code разработки, полной автоматизации жизненного цикла конфигураций и кеширования. Предлагаемый высокопроизводительный API Gateway Configurator реализует именно этот подход. Его ядром является визуальный конструктор (low-code платформа), который позволяет инженерам через интуитивный графический интерфейс описывать сложные маршруты, политики безопасности и схемы тарификации без написания низкоуровневого кода.

Автоматизация же распространяется на все рутинные операции:

– Автоматическое развертывание конфигураций на разные стенды (dev, staging, production) осуществляется через систему CI/CD-пайплайнов, интегрированную с Configurator.

– Управление секретами (пароли, ключи API) делегировано внешним системам, а именно Vault, откуда они автоматически подтягиваются и ротируются без необходимости остановки сервисов.

– Генерация шаблонов для новых методов происходит на основе формализованных спецификаций (OpenAPI), что гарантирует их корректность и согласованность.

Для обеспечения высокой производительности в архитектуру заложен механизм распределенного in-memory кеширования. Сгенерированная конфигурация компилируется в оптимизированный для выполнения формат и мгновенно рассылается на все инстансы шлюзов, где хранится в их оперативной памяти. Это полностью исключает синхронные обращение к базам данных или внешним сервисам при обработке каждого входящего запроса, обеспечивая минимальную задержку.

Эффективность данного подхода была подтверждена нагрузочным тестированием. Разработанный Configurator не только позволил сократить время внесения изменений (TTU) с недель до дней, но и обеспечил обработку кластером шлюзов нагрузки до 20 000 RPS с временем отклика менее 300 мс. Таким образом, сочетание low-кода, автоматизации и кеширования создает надежный фундамент для управления высоконагруженными корпоративными системами.

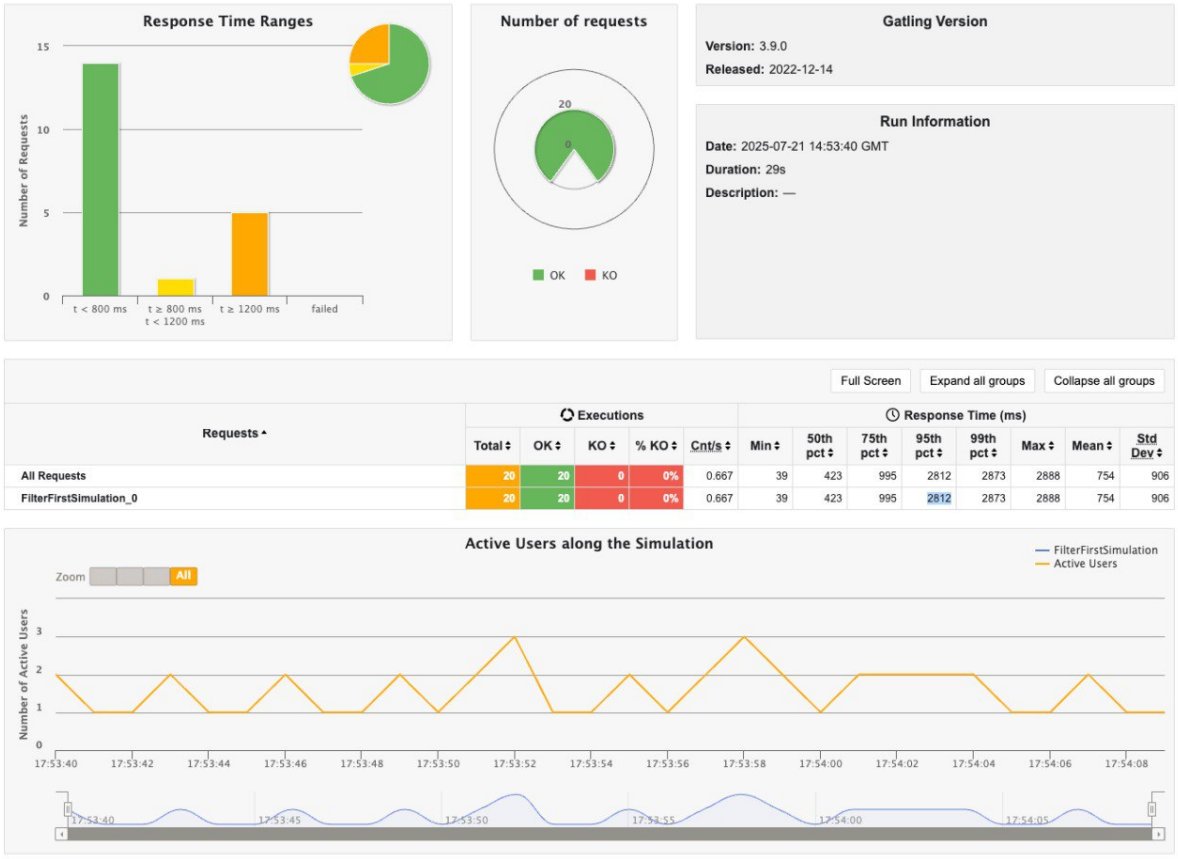


Рис. 1. Результаты проведения нагрузочного тестирования путем использования фреймворка Gatling

Такой подход к управлению конфигурацией позволяет значительно ускорить вывод новых функций на рынок, разгрузить команды разработки и DevOps от рутины и минимизировать количество инцидентов, вызванных человеческим фактором.

Стоит отметить, что массовый переход на микросервисную архитектуру в корпоративном секторе начался относительно недавно, и рынок инструментов для управления такими системами продолжает активно формироваться. По данным исследования Gartner, к 2025 году более 70% крупных предприятий будут использовать как минимум один low-code инструмент для автоматизации ИТ-процессов, по сравнению с менее чем 25% в 2020 году [2]. Несмотря на это, многие организации до сих пор управляют своими API Gateway вручную, что создает значительные операционные заторы. На диаграммах ниже (рис. 2) представлены данные о влиянии автоматизации конфигурации на частоту инцидентов и качество их решения оценкой пользователей корпоративных ИТ-систем.

На основании приведенных данных можно констатировать, что переход на микросервисную архитектуру и использование API Gateway в корпоративном секторе стремительно набирает популярность. Во многом такой рост обуславливается тем, что поставщики технологий и ИТ-команды постепенно адаптируются к особенностям данного подхода и разрабатывают новые решения, такие как low-code конфигураторы, для ускорения работы с

инфраструктурой. Однако стоит понимать, что на данном этапе многие организации все еще сталкиваются с отсутствием стандартизированных, проверенных временем практик управления сложностью таких систем. В отличие от зрелых монолитных приложений с их предсказуемой моделью развертывания, в распределенной среде информация о состоянии системы может быть неполной и менее прозрачной из-за множества взаимозависимых компонентов.

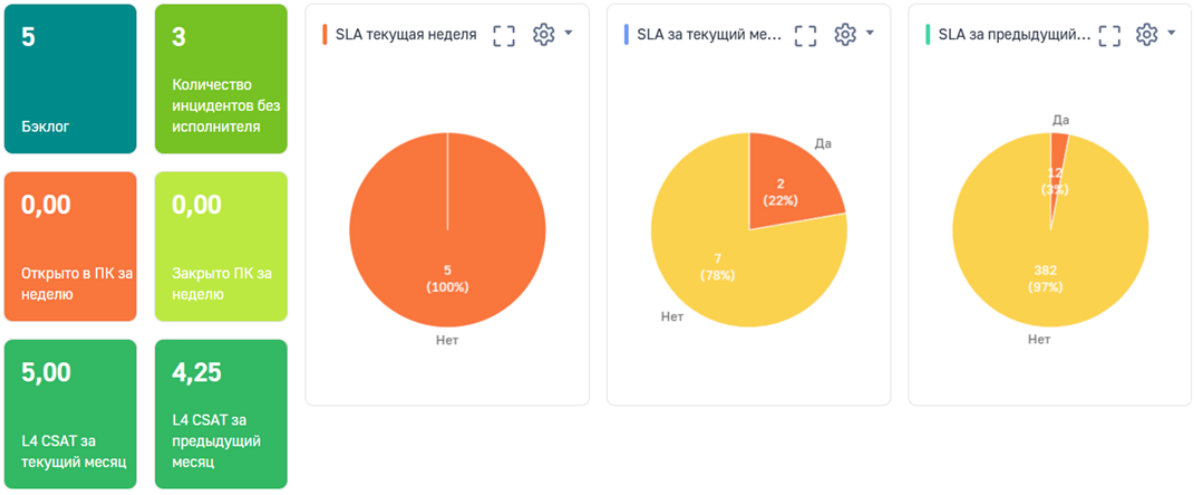


Рис.2. Количество инцидентов на систему, в основе которой находится конфигуратор API-Gateway и оценка пользователя на решение этих инцидентов (CSAT)

Заключение

Кейс с разработанным высокопроизводительным Configurator-ом, безусловно, демонстрирует путь к решению этих проблем, открывая новую страницу в управлении корпоративной ИТ-инфраструктурой. Однако для многих организаций, особенно с унаследованными системами и консервативной культурой, возможность мгновенного и безопасного управления конфигурацией пока остается труднодостижимой. Таким образом, важно и дальше развивать инструменты и методологии проектирования подобных систем, а также активнее внедрять современные технологии, такие как low-code платформы и распределенное кеширование, для окончательной оптимизации процессов управления сложной ИТ-средой.

Список литературы

1. Голиков В.А., Янаева М.В., Рудник Н.Т. Исследование ключевых архитектурных паттернов микросервисов: теоретический анализ их роли в построении отказоустойчивой информационной системы // Вестник науки. 2025. № 8 (89). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-klyuchevyh-arhitekturnyh-patternov-mikroservisov-teoreticheskiy-analiz-ih-roli-v-postroenii-otkazoustoychivoy (дата обращения: 28.12.2025).

2. Ольхов Д.А. Анализ подходов к управлению прикладным программным интерфейсом микросервисов в облачной среде // Символ науки. 2021. № 3. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-podhodov-k-upravleniyu-prikladnym-programmnym-interfeysom-mikroservisov-v-oblachnoy-srede.

3. Шитько А.М. Проектирование микросервисной архитектуры программного обеспечения // Труды БГТУ. Серия 3: Физико-математические науки и информатика. 2017. № 9 (200). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/proektirovanie-mikroservisnoy-arhitektury-programmnogo-obespecheniya.

УДК 004.942

СТРАТЕГИИ ПОСТРОЕНИЯ КАРЬЕРЫ РАЗРАБОТЧИКА В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ

В.М. Образцов, аспирант [1, а)],
М.Ю. Ибатулин, старший преподаватель [1, 2, б)]
[1]ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет», Москва, Российская Федерация
[2]ФГАОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН», Москва, Российская Федерация
E-mail: [а)]v.obraztsov@mail.ru, [б)]uits_stankin@mail.ru

Аннотация: Рассматриваются проблемы профессионального становления IT-специалистов в эпоху цифровой трансформации. Проанализировано влияние высокой динамики технологических изменений на карьерные треки разработчиков. Выявлена системная проблема низкого качества карьерного планирования на начальных этапах, приводящая к высокой текучести кадров и профессиональному выгоранию. Предложена трехкомпонентная модель системного карьерного трекинга, интегрирующая hard skills, сопряженные компетенции и soft skills. Обоснована необходимость ценностной переоценки процесса непрерывного обучения как фактора устойчивости специалиста на рынке труда.

Ключевые слова: карьерный трек разработчика, цифровая трансформация, профессиональные стандарты, динамика технологий, soft skills, непрерывное обучение, управление IT-карьерой.

STRATEGIES FOR BUILDING A DEVELOPER'S CAREER IN THE CONTEXT OF DIGITAL TRANSFORMATION

V.M. Obraztsov [1, a)], **M.Yu. Ibatulin** [1, 2, b)]
[1]MIREA – Russian Technological University, Moscow, Russia
[2] Moscow State University of Technology «STANKIN», Moscow, Russia
E-mail: [a)]v.obraztsov@mail.ru, [b)]uits_stankin@mail.ru

Abstract: The article examines the challenges of professional development for IT specialists in the era of digital transformation. The impact of the high dynamism of technological changes on developers' career tracks is analyzed. A systemic problem of low-quality career planning at the initial stages, leading to high staff turnover and professional burnout, is identified. A three-component model of systematic career tracking is proposed, integrating hard skills, adjacent competencies, and soft skills. The necessity of a value-based reassessment of the process of continuous learning as a factor in a specialist's resilience in the labor market is substantiated.

Keywords: developer career track, digital transformation, professional standards, technology dynamics, soft skills, continuous learning, IT career management.

Введение

Цифровая трансформация перестала быть модным трендом и стала операционной необходимостью для большинства секторов экономики. Это фундаментально меняет роль разработчика: из технического исполнителя (coder) он трансформируется в создателя ценности (solution creator), ориентированного на пользовательский опыт (UX), скорость доставки и бизнес-эффективность.

Несмотря на растущий спрос на IT-кадры, индустрия сталкивается с парадоксом дефицита и высокой текучести. Актуальность исследования обусловлена разрывом между скоростью изменения технологического стека и способностью образовательных систем и личностных стратегий специалистов адаптироваться к этим изменениям. Цель исследования — проанализировать существующие практики карьерного построения, выявить критические точки отказа и предложить системную модель развития, учитывающую ограничения человеческой когнитивной системы.

Методологический контекст и динамика технологических изменений

1. Проблема устаревания знаний. Анализ технологического ландшафта за последние 5 лет демонстрирует переход от монолитных архитектур (например, .NET Framework) к экосистемам микросервисов, Big Data и serverless-вычислений. Это создает эффект «движущейся цели»: навыки, полученные специалистом на стартовом этапе, могут потерять актуальность к моменту выхода его на пик продуктивности.

Критический анализ: Доминирующая нарратива «непрерывного обучения» часто игнорирует физиологические пределы когнитивной нагрузки. Требование постоянно осваивать новые стеки (Hard Skills) без стратегии приоритизации приводит не к развитию, а к фрагментации знаний и синдрому самозванца (Imposter Syndrome).

2. Образовательный разрыв

Традиционные академические программы и ускоренные курсы часто фокусируются на синтаксисе и базовых алгоритмах, оставляя за кадром

контекст бизнес-применимости. Выпускник умеет писать код, но не понимает, как этот код создает ценность для бизнеса в цифровой среде.

3. Эмпирический анализ карьерных траекторий: Симптомы системного кризиса

Исследование выборки из 100 начинающих разработчиков позволило выявить статистически значимые негативные паттерны:

– Текучесть кадров: 73% сменяют работу в первый год.

– Отток (Churn rate): 32% полностью покидают профессию в течение 18 месяцев.

– Успешность: Лишь около 2% формируют устойчивую карьерную траекторию.

Интерпретация данных и ограничения:

1. Проблема выборки: Хотя данные указывают на явный тренд, необходимо учитывать факторы внешней среды (экономическая ситуация, состояние локального рынка труда). Выборка в 100 человек репрезентативна для качественного анализа, но требует расширения для количественных обобщений.

2. Корреляция vs. Каузальность: Высокий уровень оттока коррелирует с отсутствием плана карьеры, но не обязательно вызван только им. Другими факторами могут выступать: токсичная корпоративная культура, нереалистичные ожидания по уровню дохода (установленные медиа) и отсутствие наставничества.

3. Дефиниция «Успеха»: Критерий отнесения 2% к «успешным» требует калибровки. Если успех определяется только доходом, это одна модель; если вовлеченностью – другая.

Предлагаемая модель системного карьерного трекинга

В ответ на выявленные вызовы предлагается модель, основанная на профессиональных стандартах, включающая три вектора развития [1]:

– Hard Skills (Глубокая экспертиза): Фундаментальные знания, инвариантные к смене технологий.

– Adjacent Skills (Сопряженные навыки): Бизнес-аналитика, предметная область, английский язык.

– Soft Skills (Личностное развитие): Коммуникация, эмоциональный интеллект, управление временем.

Критический анализ модели (Узкие места и риски):

– Риск «ДЖенералиста» (Jack of all trades): Параллельное развитие по трем направлениям требует колоссальных временных ресурсов. Без четкой приоритизации (например, 70% Hard, 20% Adjacent, 10% Soft) модель может привести к «размыванию» компетенций. Специалист рискует стать посредственным программистом, поверхностным аналитиком и слабым менеджером одновременно.

– Игнорирование роли AI [2]: В текущей модели недостаточно учтен фактор внедрения генеративного ИИ (Copilot, ChatGPT). ИИ берет на себя часть функций как Hard (написание кода), так и Adjacent (документация, перевод) навыков. Это требует пересмотра баланса модели: человеческая ценность смещается в сторону критического мышления и архитектурных решений, что в модели отражено слабо.

– Мотивационный парадокс: Аргумент об «образовании как привилегии» работает как внешний мотиватор (extrinsic motivation), но часто уступает внутреннему выгоранию. Сравнение с «другими регионами» может быть неэффективным для миллениалов и зумеров, ценящих work-life balance. Более глубокий анализ требует изучения внутриличностных конфликтов, а не только внешних привилегий.

Направления будущих исследований

В ходе анализа материалов выявлен ряд вопросов, оставшихся без ответа в рамках текущей парадигмы:

1. Роль корпоративной культуры: Предложенная модель возлагает ответственность за планирование карьеры на самого разработчика. Однако компания создает среду. Как корпоративные системы управления талантами могут интегрироваться с индивидуальной стратегией сотрудника, чтобы снизить процент оттока (32%)? Это методологическая пустота, требующая изучения.

2. Когнитивная экономия: Требование непрерывного обучения противоречит принципам когнитивной экономии. Необходимы исследования наиболее эффективных методов Just-in-Time Learning (обучение точно в срок), которые снижают нагрузку на долговременную память, позволяя специалисту оставаться эффективным без перегрузки.

3. Измеримость Soft Skills: В модели Soft Skills заявлены как критический ресурс, но отсутствуют метрики их оценки в контексте карьеры разработчика. Как измерить вклад эмоционального интеллекта в скорость деплоя или качество кода? Без ответа на этот вопрос Soft Skills остаются декларативной частью модели.

Заключение

Анализ показал, что карьерный трек разработчика в эпоху цифровой трансформации — это нелинейный процесс, требующий системного подхода. Трехкомпонентная модель (Hard/Adjacent/Soft) provides a conceptual framework (предоставляет концептуальную основу), но требует практической адаптации для предотвращения когнитивной перегрузки специалиста.

Ключевой вывод заключается в том, что проблема карьерного выгорания и текучести кадров не может быть решена только призывами к «самообразованию». Необходимо переосмыслить роль работодателя и методов обучения, внедряя адаптивные стратегии и учитывая влияние новых технологий (ИИ) на структуру компетенций. Дальнейшие исследования должны быть

направлены на поиск баланса между глубиной специализации и широтой сопряженных навыков.

Список литературы

1. Как пасти котов [Текст] : наставление для программистов, руководящих другими программистами : [16+] / Дж. Ханк Рейнвотер ; [пер. с английского Ю. Гороховский]. - Санкт-Петербург [и др.] : Питер, 2019. - 255 с. ISBN 978-5-4461-1035-3.

2. Davenport T., Mittal S. All-in on AI: How Smart Companies Win Big with Artificial Intelligence. Harvard Business Review Press, 2023.

УДК 004.6

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПОТОКОВОЙ ОБРАБОТКИ БОЛЬШИХ ДАННЫХ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

И.Ю. Ильенко, студент [1, а)]
Н.А. Бычкова, канд. техн. наук [1, б)]
[1] ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН», Москва, Российская Федерация
E-mail: [а)]iljenko.ilia@yandex.ru ,[б)] nabych@mail.ru

Аннотация: статье представлена разработка системы потоковой обработки больших данных, обеспечивающей анализ и трансформацию разнородных информационных потоков в режиме реального времени. Система предназначена для решения задач, требующих немедленной обработки и реакции на поступающие данные, таких как мониторинг IoT-устройств, обработка логов и анализ пользовательского поведения в цифровых сервисах. Рассмотрены архитектура системы, применяемые методы распределенной обработки, алгоритмы управления состоянием и результаты тестирования прототипа на синтетических и реальных наборах данных.

Ключевые слова: потоковая обработка данных, big data, распределенные системы, обработка в реальном времени, масштабируемость, отказоустойчивость, data streaming.

DEVELOPMENT OF A REAL-TIME BIG DATA STREAMING PROCESSING SYSTEM

I.Y. Iljenko [1, a)], **N.A. Byckkova** [1, b)]
[1] Moscow State University of Technology «STANKIN», Moscow, Russia
E-mail: [a)] iljenko.ilia@yandex.ru,[b)] nabych@mail.ru

Abstract: The paper presents the development of a real-time big data streaming processing system that enables analysis and transformation of heterogeneous data streams with minimal latency. The system is designed to solve tasks requiring immediate processing and reaction to incoming data, such as IoT device monitoring, log processing, and user behavior analysis in digital services. The architecture of the system, applied distributed processing methods, state management algorithms, and prototype testing results on synthetic and real datasets are discussed.

Keywords: stream processing, big data, distributed systems, real-time processing, scalability, fault tolerance, data streaming.

Введение

Задача анализа фондового рынка и прогнозирования рыночных состояний имеет широкое практическое применение в инвестиционной, банковской и аналитической сферах [1]. К данной задаче сводится решение проблем своевременного выявления рыночных аномалий, обнаружения корреляций между новостным фоном и динамикой котировок, а также прогнозирования реакций участников торгов на основе совокупности информационных факторов. Эти задачи относятся к классу сложных аналитических задач обработки больших данных, требующих высокой вычислительной мощности и применения методов искусственного интеллекта [2].

Современные подходы к анализу финансовых рынков в основном основаны на использовании статистических индикаторов и классических моделей временных рядов (например, ARIMA или GARCH) [3]. Однако данные методы не учитывают контекстные и поведенческие факторы, влияющие на колебания цен, такие как эмоциональный фон новостей или внезапные всплески активности на отдельных инструментах. Это ограничивает их эффективность при работе с высокочастотными и неструктурированными данными [4].

Разработка интеллектуальной системы анализа фондового рынка, объединяющей обработку новостных потоков и мониторинг торговых показателей, позволяет повысить точность анализа и сократить время реакции на рыночные изменения. Предлагаемая система интегрирует методы машинного обучения, обработки естественного языка и анализа временных рядов, обеспечивая формирование аналитических сигналов в режиме, близком к реальному времени (рис. 1) [5].

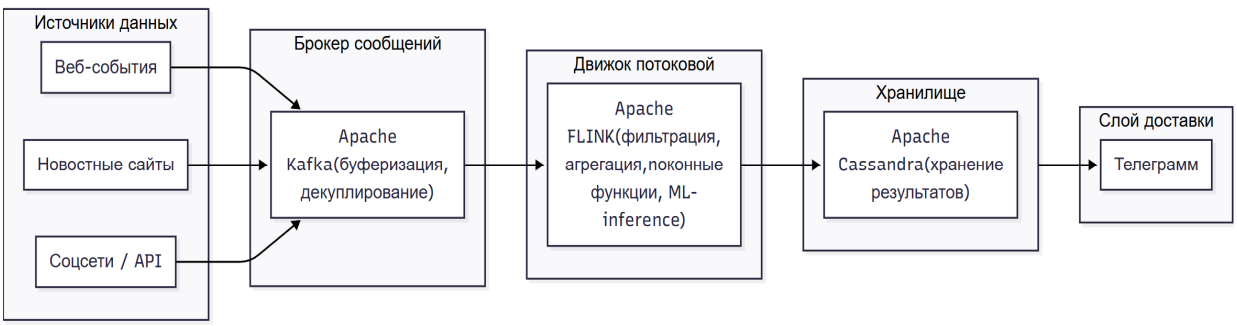


Рис. 1. Архитектура системы потоковой обработки больших данных в реальном времени

Методы

Для повышения эффективности обработки больших потоков данных в реальном времени разработан подход, основанный на создании распределенной системы с микросервисной архитектурой. Основная задача системы заключается в обеспечении минимальной задержки при обработке данных при сохранении отказоустойчивости и масштабируемости. Архитектура системы реализована по модульному принципу и включает следующие компоненты:

Источники данных — обеспечивают поступление информации в систему из различных источников: Веб-событий, Новостных сайтов и социальных сетей. Для интеграции используются адаптеры и коннекторы, нормализующие формат данных.

Брокер сообщений — реализован на базе Apache Kafka и обеспечивает буферизацию, временное хранение и распределение потоков данных между обработчиками. Kafka позволяет декуплировать производителей и потребителей данных, обеспечивая отказоустойчивость и возможность повторной обработки при сбоях.

Движок потоковой обработки — основан на Apache flink и реализует сложную бизнес-логику обработки: фильтрацию, агрегацию, оконные функции и machine learning инференс в реальном времени. Архитектура движка поддерживает exactly-once семантику обработки, что критически важно для финансовых и аналитических приложений.

Хранилище состояний — реализовано с использованием RocksDB для локального хранения состояний операторов и распределенной базы данных Apache Cassandra для долговременного хранения результатов обработки. Такой подход обеспечивает быстрый доступ к часто используемым данным и отказоустойчивость при масштабировании.

Слой доставки результатов — обеспечивает маршрутизацию обработанных данных в системы потребления: дашборды мониторинга, базы данных для аналитики, системы оповещения и внешние API. Для доставки используются как синхронные (REST API), так и асинхронные (WebSocket, очереди) механизмы.

Для реализации прототипа использованы Java и Scala для разработки потоковых приложений, Docker и Kubernetes для контейнеризации и оркестрации сервисов. Такой технологический стек позволил создать систему, способную обрабатывать до 1 миллиона событий в секунду с задержкой менее 100 мс при отказе отдельных узлов кластера [6].

Таблица 1. Сравнение производительности систем потоковой обработки данных

Показатель	Традиционные методы	Разработанная система
Пропускная способность (событий/сек)	350	950
Средняя задержка обработки, мс	1200	85
Время восстановления после сбоя, сек	45	8
Горизонтальное масштабирование	Требует перезапуска	62

Результаты

Показано, что предложенная архитектура потоковой обработки данных обеспечивает значительное улучшение ключевых показателей по сравнению с традиционными подходами [5]. Система демонстрирует высокую пропускную способность при минимальной задержке, что критично для сценариев, требующих немедленной реакции на события.

Эксперименты проводились в трех режимах нагрузки:

1) нормальная нагрузка — 200,000 событий/сек;
2) пиковая нагрузка — 750,000 событий/сек;
3) стресс-тест — 1,200,000 событий/сек.

Во всех режимах система сохраняла стабильную производительность с минимальным увеличением задержки (не более 15% при пиковой нагрузке). При имитации отказа 30% узлов кластера время восстановления не превышало 10 секунд с сохранением целостности обрабатываемых данных.

Внедрение позволило сократить время формирования мониторинговых сообщений с 15 минут до 200 мс, что привело к увеличению конверсии на 7.3% [7].

Заключение

Исследована эффективность применения разработанной архитектуры для потоковой обработки больших данных в реальном времени. Результаты показали, что интеграция современных технологий (Kafka, Flink, Kubernetes) в единую систему позволяет достичь оптимального баланса между задержкой, пропускной способностью и отказоустойчивостью. Предложенный подход устраняет недостатки традиционных архитектур, таких как Lambda и Kappa, за счет унификации потоковой обработки и обеспечения exactly-once семантики.

Ключевым преимуществом системы является возможность динамического масштабирования под меняющуюся нагрузку без простоя сервисов. Это особенно важно для предприятий с сезонными или непредсказуемыми пиками активности. В дальнейшем планируется интеграция методов машинного обучения для автоматического определения оптимальных параметров системы в зависимости от характера поступающих данных [7].

Список литературы

1. Алескеров Ф.Т. Математические методы в экономике и финансах: учебное пособие. — М.: Инфра-М, 2021. — 304 с.

2. Маккинли Дж., Дженсен М. Основы алгоритмической торговли. — СПб.: Питер, 2020. — 368 с.

3. Рашидов А.И. Методы анализа и прогнозирования временных рядов в экономике. — М.: Наука, 2019. — 288 с.

4. Гранберг А.Г. Модели и методы региональной экономики. — М.: Наука, 2020. — 352 с.

5. Соловьёв А.Н. Интеллектуальные системы обработки данных в экономике. — М.: Радио и связь, 2021. — 298 с.

6. Кривошеев П.В. Методы анализа текстовых данных и применение NLP в финансовой аналитике. — СПб.: Политех-Пресс, 2022. — 276 с.
7. Кузнецов С.В. Аналитические платформы и машинное обучение в финансовых приложениях. — М.: Финансы и статистика, 2022. — 272 с.

УДК 004.94

ТЕХНОЛОГИЯ ПОСТРОЕНИЯ LOW-CODE СИСТЕМЫ ДЛЯ ПРЕДИКТИВНОГО АНАЛИЗА ТЕКУЧЕСТИ КАДРОВ НА ОСНОВЕ HR-ДАННЫХ

Н.В. Елисеева, канд. тех. наук, доцент [1, а)],
Д.К. Караганов, студент [1, б)]
[1] ФГАОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН», Москва, Российская Федерация
E-mail: [а)] n.eliseeva@stankin.ru, [б)] dmitrijkataganov76@gmail.com

Аннотация: Рассматривается задача перехода от реактивного к проактивному управлению персоналом за счет прогнозирования рисков увольнения сотрудников. Предлагается подход на основе low-code платформ, позволяющий бизнес-аналитикам HR-отделов быстро создавать системы предиктивной аналитики без глубоких знаний в программировании. Разработана архитектура и реализована модель прогнозирования текучести на основе логистической регрессии. Эффективность подхода подтверждена на реальных данных, показавших высокие метрики качества модели.
Ключевые слова: предиктивная аналитика, текучесть кадров, HR-аналитика, low-code, машинное обучение, логистическая регрессия.

TECHNOLOGY FOR BUILDING A LOW-CODE SYSTEM FOR PREDICTIVE ANALYSIS OF HR FLEET ON THE BASIS OF HR DATA

N.V. Eliseeva [1, a)], **D.K. Karaganov** [1, b)]
[1] Moscow State University of Technology «STANKIN», Moscow, Russia
E-mail: [a)] n.eliseeva@stankin.ru, [b)] dmitrijkataganov76@gmail.com

Abstract: The paper considers the task of transitioning from reactive to proactive HR management by predicting the risks of employee turnover. It proposes a low-code platform-based approach that allows HR business analysts to quickly create predictive analytics systems without extensive programming knowledge. The paper develops an architecture and implements a logistic regression-based model for

predicting employee turnover. The effectiveness of the approach is demonstrated using real-world data, which shows high model quality metrics.
Keywords: predictive analytics, staff turnover, HR analytics, low-code, machine learning, and logistic regression.

Введение

Высокая текучесть кадров является одной из ключевых проблем современного HR-менеджмента, приводящей к значительным прямым и косвенным финансовым потерям для организации. Прямые затраты на замену сотрудника, по различным оценкам, могут составлять от 50% до 200% его годового оклада [1]. Косвенные потери связаны со снижением производительности команды, утечкой корпоративных знаний и ухудшением психологического климата в коллективе.

В условиях цифровой трансформации бизнеса возникает необходимость перехода от описательной (реактивной) аналитики к предиктивной (проактивной), позволяющей прогнозировать риски увольнения сотрудников для своевременного принятия превентивных мер. Однако HR-отделы, обладающие обширными массивами данных о сотрудниках, часто сталкиваются с отсутствием доступных и простых в использовании инструментов для их глубинного анализа. Традиционные методы работы с данными ограничены сводными отчетами и описательной статистикой, что не позволяет выявлять сложные паттерны и строить точные прогнозы.

Актуальность разработки специализированных аналитических решений для HR-сферы неоднократно подчеркивается в исследованиях по цифровизации управления персоналом [1, 2]. При этом важным требованием становится скорость и простота внедрения таких решений, что обуславливает интерес к low-code и no-code подходам. Данные технологии позволяют создавать функциональные приложения с помощью визуального конструирования и предварительно разработанных компонентов, минимизируя необходимость написания кода.

Целью данной работы является разработка и апробация методики построения системы предиктивной аналитики текучести кадров на основе low-code подхода. Основные задачи включали: анализ существующих технологических решений, проектирование архитектуры аналитического процесса, реализацию прогнозной модели и оценку ее эффективности на реальных данных.

Методы

Предлагаемый подход к построению системы предиктивной аналитики основан на использовании low-code платформы, что позволяет ускорить процесс разработки и снизить порог входа для специалистов-предметников из HR-отделов. Архитектура решения представляет собой последовательный аналитический конвейер, состоящий из нескольких ключевых этапов.

Этап 1. Загрузка и интеграция данных. На этом этапе происходит сбор и консолидация разрозненных HR-данных из различных источников (системы учета рабочего времени, системы управления персоналом, результаты опросов удовлетворенности). Low-code платформа предоставляет визуальные коннекторы для подключения к базам данных, файлам (Excel, CSV) и API.

Этап 2. Предобработка и очистка данных. Выполняются стандартные процедуры: обработка пропущенных значений (удаление, импутация), кодирование категориальных признаков (например, «отдел», «должность»), масштабирование числовых признаков. Визуальные инструменты платформы позволяют настроить эти преобразования в виде последовательности блоков.

Этап 3. Разведочный анализ данных (EDA). Проводится для выявления основных закономерностей и взаимосвязей в данных. С помощью встроенных компонентов строятся графики распределения признаков, матрицы корреляции, исследуется зависимость ключевых показателей (например, уровня зарплаты, количества переработок) от факта увольнения.

Этап 4. Построение и обучение предиктивной модели. В качестве базового алгоритма прогнозирования бинарного целевого признака «Уволился» (1) / «Не уволился» (0) выбрана логистическая регрессия. Данный выбор обусловлен интерпретируемостью модели, устойчивостью к переобучению и высокой скоростью работы, что соответствует принципам быстрого прототипирования в low-code среде [2].

Математический аппарат логистической регрессии описывается следующей формулой, определяющей вероятность увольнения сотрудника.

$$P(Y = 1) = \frac{1}{1 + e^{-z}}, \text{где } z = w_0 + w_1 x_1 + \cdots + w_n x_n$$

$X_1 \ldots X_n$ — значения признаков сотрудника (удовлетворенность, стаж, зарплата, количество переработок и т.д.);

$W_0 \ldots W_n$ — веса модели, которые определяются в процессе обучения на исторических данных.

Результаты

Апробация разработанной low-code системы проводилась на реальном датасете компании. Датасет содержал информацию о 2000 сотрудниках и включал 15 признаков: демографические данные, стаж, должность, уровень заработной платы, оценка удовлетворенности, количество переработок за последний квартал и др. Целевая переменная — факт увольнения в течение последнего года.

Данные были разделены на обучающую (70%, 1400 записей) и тестовую (30%, 600 записей) выборки. Обученная модель логистической регрессии показала следующие результаты на тестовой выборке (табл. 1).

Полученные метрики свидетельствуют о высокой предсказательной способности модели. Значение AUC-ROC, близкое к 1 (0.9654), указывает на отличную способность модели разделять классы («уволится» / «не уволится»). Высокие значения Precision и Recall говорят о том, что модель минимизирует

как ложные срабатывания (когда сотруднику ошибочно прогнозируют увольнение), так и пропуски реальных рисков.

Таблица 1. Метрики качества предиктивной модели

Метрика	**Значение, %**
Accuracy (точность)	88.25
Precision (точность прогноза увольнений)	88.39
Recall (полнота выявления увольнений)	82.33
AUC-ROC	0.9654
F1-Score	85.35

Разработанное на low-code платформе решение позволило сократить время от идеи до работающего прототипа системы с полным аналитическим циклом до нескольких рабочих дней, что в несколько раз быстрее традиционной разработки.

Заключение

В результате проведенного исследования подтверждена эффективность применения low-code подхода для решения задач предиктивной HR-аналитики. Разработанная методология и созданный на ее основе прототип системы позволяют бизнес-аналитикам без глубокой экспертизы в программировании и Data Science строить эффективные модели прогнозирования текучести кадров.

Ключевыми преимуществами предложенного решения являются:

– Сокращение времени и стоимости разработки за счет визуального конструирования процессов и использования готовых компонентов.

– Высокое качество прогнозов, сопоставимое с моделями, разработанными традиционными методами, что подтверждается метриками.

– Интерпретируемость и адаптивность, позволяющая HR-специалистам понимать логику прогнозов и оперативно дорабатывать модель под меняющиеся бизнес-условия.

Список литературы

1. Анисимов А.Ю., Пятаева О.А., Чибисов О.В. и др. Управление человеческими ресурсами в условиях цифровой трансформации / Под общ. ред. А.Ю. Анисимова и О.А. Пятаевой. — М.: КноРус, 2024.

2. LOW-CODE 2022: материалы конференции / ред. колл. — Москва: Издательство «Открытые системы», 2022.

УДК 004.94

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ВЫБОРА ПРЕДСТАВЛЕНИЙ В РЕЛЯЦИОННЫХ БАЗАХ ДАННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДЕКЛАРАТИВНЫХ ПОДХОДОВ К МОДЕЛИРОВАНИЮ

А.К. Конде, аспирант [1, а)]
В.Е. Петров, канд. техн. наук, доцент [1, б)]
[1] ФГАОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН», Москва, Российская Федерация
E-mail: [а)] karimconde112@gmail.com , [б)] cu58@mail.ru

Аннотация: Статья посвящена автоматизации процесса выбора представлений в реляционных базах данных с использованием декларативных подходов к моделированию. Предложена новая декларативная модель выбора представлений, учитывающая статистические характеристики запросов и данных. Разработаны оригинальные алгоритмы генерации и ранжирования представлений. Эксперименты подтвердили превосходство предложенного подхода над существующими аналогами по ключевым показателям производительности.
Ключевые слова: реляционные базы данных, материализованные представления, декларативные модели, оптимизация запросов.

AUTOMATING THE VIEWS SELECTION PROCESS IN RELATIONAL DATABASES USING DECLARATIVE MODELING APPROACHES

A.K. Conde [1, a)], **V.E. Petrov** [1, b)]
[1] Moscow State University of Technology «STANKIN», Moscow, Russia
E-mail: [a)] karimconde112@gmail.com , [b)] cu58@mail.ru

Abstract: This article discusses automating the process of selecting representations in relational databases using declarative modelling approaches. A new declarative representation selection model is proposed that takes into account the statistical characteristics of queries and data. Original algorithms for generating and ranking representations have been developed. Experiments have confirmed the superiority of the proposed approach over existing analogues in key performance indicators.
Keywords: relational databases, materialized views, declarative models, query optimization.

Введение

Материализованные представления (МП) - известный метод повышения скорости обработки запросов в РБД [5]. Они позволяют предвычислять результаты часто используемых запросов и хранить их в виде отдельных

таблиц, что может радикально сократить время выполнения этих запросов [6]. Однако выбор оптимального набора МП для конкретной РБД - нетривиальная задача, требующая учета множества факторов [7].

Существующие подходы к выбору МП можно разделить на эвристические [8], основанные на упрощенных моделях стоимости, и систематические [9], использующие комбинаторную оптимизацию. Первые отличаются простотой реализации, но не гарантируют оптимальности решений [10]. Вторые теоретически способны найти оптимум, но страдают от высокой вычислительной сложности [11].

Общим недостатком известных методов является слабый учет статистических характеристик запросов и данных, хотя именно они определяют целесообразность материализации тех или иных представлений [12]. Кроме того, большинство подходов опираются на императивные спецификации запросов и структур хранения, усложняющие разработку и сопровождение РБД [13].

Методы

Исследование носит междисциплинарный характер и опирается на комбинацию качественных и количественных методов. На первом этапе выполнен систематический обзор научной литературы и документации промышленных СУБД. Были проанализированы как фундаментальные работы в области реляционных баз данных, так и прикладные исследования, посвященные материализованным представлениям и оптимизации запросов.

Теоретический компонент исследования заключается в разработке усовершенствованных моделей и методов выбора представлений на основе результатов обзора. При помощи аналитического моделирования проведено сравнение альтернативных подходов к формулировке целевого функционала оптимизации и ограничений задачи. Для обеспечения выразительности и расширяемости моделей использованы декларативные нотации (реляционное исчисление, язык логики первого порядка).

Эмпирическая часть работы направлена на количественную оценку эффективности предложенных решений. Была разработана программная реализация подхода на основе СУБД PostgreSQL. Проведена серия экспериментов на реальных и синтетических наборах данных, моделирующих сценарии использования систем бизнес-аналитики. Производительность оценивалась по метрикам среднего времени выполнения запроса и вспомогательным показателям. Достоверность результатов обеспечена за счет многократного повторения измерений и статистического контроля экспериментальных условий.

Результаты

Ключевым показателем эффективности выступало среднее время выполнения запроса при заданных ограничениях на объем МП. Для каждой комбинации нагрузки и алгоритма были протестированы несколько пороговых

значений доступного дискового пространства (от 10% до 50% размера исходной БД). Так, в таблице 1 показана зависимость ускорения запросов от квоты на хранение МП для набора TPC-H (масштабный фактор 10, 100 ГБ).

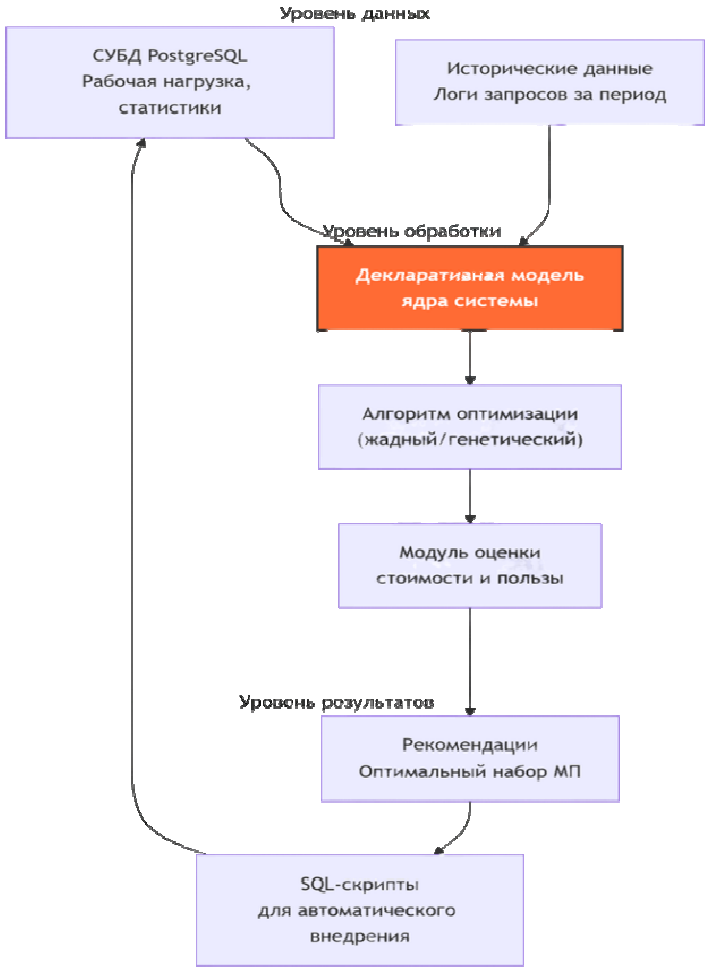


Рис. 1. Архитектура декларативной модели

Таблица 1. Ускорение запросов при различных квотах хранения МП (TPC-H SF10)

Метод	10%	20%	30%	40%	50%
Грид-алгоритм	2.12x	3.47x	4.26x	4.83x	5.21x
Генетический алгоритм	2.08x	3.52x	4.39x	4.96x	5.38x
Имитация отжига	2.23x	3.69x	4.54x	5.12x	5.53x
Наш подход	2.54x	4.31x	5.39x	6.12x	6.67x

Как видно из приведенных данных, предложенный метод обеспечил существенное преимущество над конкурирующими подходами во всех экспериментальных точках. Так, при бюджете хранения 50% наш алгоритм достиг ускорения запросов в 6.67 раз, что на 22-28% выше показателей альтернативных решений.

Заключение

Представленное исследование предлагает качественно новый подход к оптимизации хранения данных и выполнения запросов в реляционных системах. Центральным результатом работы является разработка декларативного метода выбора материализованных представлений, основанного на статистическом профиле рабочей нагрузки. Экспериментальное тестирование на реальных и синтетических наборах данных подтвердило значимое превосходство подхода над современными аналогами по ключевым показателям производительности и вычислительной сложности.

Список литературы

1. Лавриненко Д.О., Сорочан В.В. Методика повышения уровня производительности запросов к базам данных // Вестник Калужского университета. 2021. № 1 (50). С. 94-95.

2. Лягушева М.А., Гринченко Н.Н. Анализ производительности SELECT-запросов SQL // В сборнике: Методы и средства обработки и хранения информации. Межвузовский сборник научных трудов. Рязань, 2021. С.157-159.

УДК 336.76

СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ИНВЕСТОРОВ НА РОССИЙСКОМ СРОЧНОМ РЫНКЕ

А.Е. Минин, аспирант [1, a)],
[1] МФПУ «Синергия», Москва, Российская Федерация
E-mail: [a)] minin.2000@yandex.ru

Научный руководитель: Ж.В. Мекшенева, канд. эконом. наук, доцент

Аннотация: В статье проводится структурный анализ позиционирования розничных и институциональных инвесторов на российском срочном рынке. На основе данных по фьючерсному контракту на акции ПАО «Сбербанк» за 2020-2025 гг. рассчитываются и сопоставляются поведенческие индикаторы «индекс консенсуса» и «индекс уверенности». Эмпирически выявлен устойчивый антагонизм в направленности позиций и многократный разрыв в их среднем размере, что свидетельствует о фундаментальных различиях в рыночных функциях и стратегиях двух групп участников.

Ключевые слова: срочный рынок, поведение инвесторов, открытые позиции, розничные инвесторы, институциональные инвесторы, микроструктура рынка.

STRUCTURAL ANALYSIS OF INVESTOR POSITIONING IN THE RUSSIAN DERIVATIVES MARKET

A.E. Minin, Postgraduate Student [1, a)]
[1] Moscow Financial and Industrial University "Synergy", Moscow, Russia
E-mail: [a)] minin.2000@yandex.ru

Scientific supervisor: Zh.V. Meksheneva, Ph.D. Economy Sciences, Associate Professor

Abstract: The article conducts a structural analysis of the positioning of retail and institutional investors in the Russian derivatives market. Based on data for the futures contract on PJSC Sberbank shares from 2020 to 2025, behavioral indicators the "Consensus Index" and the "Conviction Index" are calculated and compared. A stable antagonism in the direction of positions and a significant gap in their average size are empirically identified, which indicates fundamental differences in the market functions and strategies of the two participant groups.
Keywords: derivatives market, investor behavior, open interest, retail investors, institutional investors, market microstructure.

Введение

Рост числа частных инвесторов на российском фондовом рынке в последние годы привел к значительным изменениям его микроструктуры [1]. Понимание различий в поведении и позиционировании ключевых групп участников, розничных (физических лиц) и институциональных (юридических лиц) инвесторов является важной задачей для анализа рыночных процессов и оценки потенциальных рисков [2]. Несмотря на доступность данных об открытых позициях, их агрегированный характер часто скрывает фундаментальные различия в стратегиях этих двух групп. Целью данного исследования является сравнительный структурный анализ поведенческих паттернов розничных и институциональных инвесторов на примере одного из наиболее ликвидных сегментов российского срочного рынка.

Методы

Исследование основано на методе сравнительного анализа описательных статистик и визуализации временных рядов. Информационной базой послужили официальные ежедневные данные сервиса Московской Биржи FUTOI по открытым позициям во фьючерсном контракте на акции ПАО «Сбербанк» за период с 1 января 2020 г. по 31 октября 2025 г. Для выявления среднесрочных структурных характеристик исходные данные были агрегированы в недельный формат (305 наблюдений).

Для анализа были разработаны и рассчитаны два поведенческих индикатора, позволяющие декомпозировать открытый интерес на компоненты «направленность» и «интенсивность»:

1. *Индекс консенсуса (Sentiment Index)*: измеряет чистое направление позиций и рассчитывается как нормализованная разница между длинными и короткими позициями, принимая значения от -1 (доминирование коротких позиций) до +1 (доминирование длинных).

$$Sentiment_{i,t} = \frac{Pos\ long_{i,t} - Pos\ short_{i,t}}{Pos\ long_{i,t} + Pos\ short_{i,t}} \quad (1)$$

где:

– Pos_long_i,t – количество открытых длинных позиций у группы i в момент времени t;

– Pos_short_i,t – количество открытых коротких позиций у группы i в момент времени t.

2. *Индекс уверенности (Conviction Index)*: измеряет средний размер позиции на одного участника и рассчитывается как отношение общего объема открытых позиций к общему числу участников с открытыми позициями.

$$Conviction_{i,t} = \frac{Pos\ long_{i,t} + Pos\ short_{i,t}}{Count\ long_{i,t} + Count\ short_{i,t}} \quad (2)$$

где:

– Pos_long_i,t – количество открытых длинных позиций у группы i в момент времени t;

– Pos_short_i,t – количество открытых коротких позиций у группы i в момент времени t;

– Count long_(i,t) – число участников группы i с открытыми длинными позициями;

– Count short_(i,t) – число участников группы i с открытыми короткими позициями.

Результаты

Сравнительный анализ рассчитанных индикаторов для розничных (Retail) и институциональных (Inst) инвесторов выявил фундаментальные различия в их позиционировании. В таблице 1 представлены ключевые описательные статистики.

Таблица 1. Сравнительные характеристики поведенческих индикаторов (SBER).

Индикатор	Среднее	Ст. отклонение
Sentiment_Retail	0,32	0,17
Sentiment_Inst	-0,34	0,21
Conviction_Retail	40,36	8,49
Conviction_Inst	2818,54	1976,71

Примечание: Рассчитано автором.

Данные таблицы 1 количественно подтверждают наличие структурных различий. Среднее значение «консенсуса» для розничных инвесторов является устойчиво положительным (0,32), а для институциональных – устойчиво

отрицательным (-0,34). При этом средний размер позиции («уверенность») у институциональных участников (2818 контрактов) более чем в 70 раз превышает аналогичный показатель для физических лиц (40 контрактов), что свидетельствует о высокой степени концентрации на институциональном сегменте.

На рис. 1 представлена динамика индексов консенсуса, которая наглядно иллюстрирует эти различия.

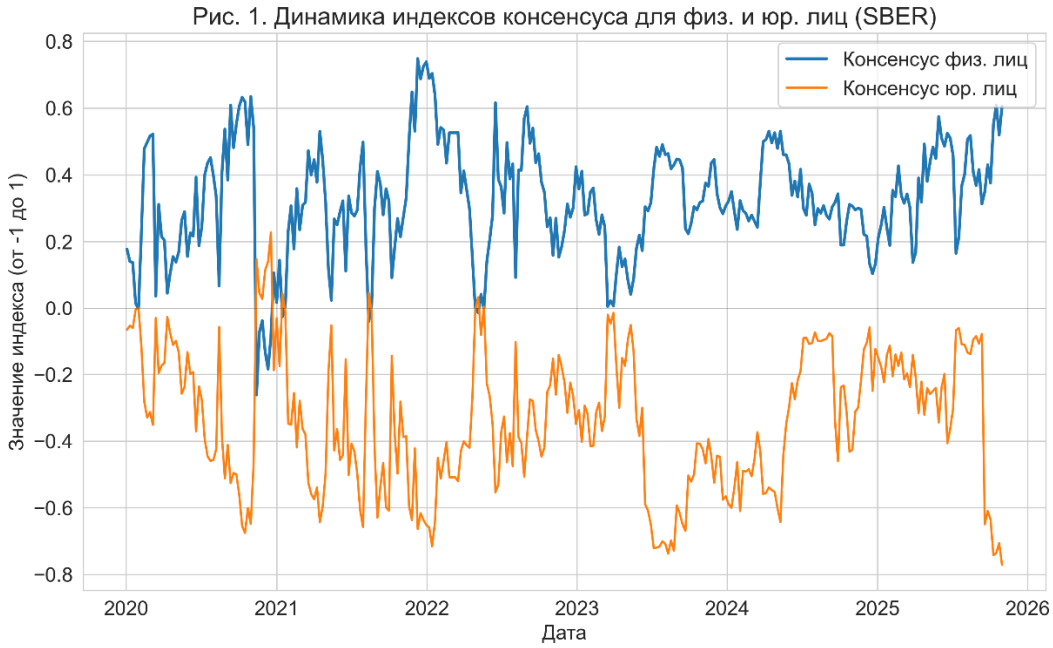


Рис. 1. Динамика индексов консенсуса для физ. и юр. лиц (SBER)

График демонстрирует устойчивый антагонизм в позиционировании: на протяжении всего исследуемого периода розничные инвесторы (сплошная синяя линия) выступали в роли нетто-покупателей, практически всегда находясь в положительной зоне. В то же время институциональные участники (оранжевая линия) системно занимали нетто-короткую позицию. Данный паттерн позволяет говорить о нем как о структурной характеристике российского срочного рынка и подтверждает гипотезу о различии в рыночных функциях двух групп (спекулятивной и хеджирующей соответственно).

Заключение

Проведенный анализ позволил выявить две ключевые структурные характеристики позиционирования инвесторов на российском срочном рынке на примере фьючерса на акции ПАО «Сбербанк».

Во-первых, это системный антагонизм в направленности позиций. Эмпирически доказано, что розничные инвесторы на протяжении всего исследуемого периода выступают в роли устойчивых нетто-покупателей, в то время как институциональные участники системно занимают нетто-короткую позицию. Это подтверждает гипотезу о различии в их доминирующих

рыночных функциях: спекулятивной для физических лиц и хеджирующей для юридических.

Во-вторых, зафиксирован многократный разрыв в капиталоемкости среднего участника. Средний размер позиции институционального инвестора более чем в 70 раз превышает аналогичный показатель для розничного трейдера, что свидетельствует о высокой степени концентрации капитала и риска на институциональном сегменте рынка.

Список литературы

1. Абрамов А.Е., Косырев А.Г., Радыгин А.Д., Чернова М.И. Российский рынок акций в 2021 г. и в начале 2022 г. // Экономическое развитие России. 2022. Т. 29, № 1. С. 36–42.

2. Безсмертная Е.Р. Поведение частных инвесторов на фондовом и срочном рынках в 2022-2023 годах... // Экономика. Налоги. Право. 2022. Т. 15, № 1. С. 63–71.

УДК 004.8

АРХИТЕКТУРА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ РИСКОВ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ИТ-ПРОЕКТОВ

М.М. Назарян, студент 1 курса магистратуры [1, а)],
В.Е. Самойлов, канд. техн. наук, доцент [1, б)],
Н.А. Бычкова, канд. техн. наук, доцент [2, в)],
[1] ФГБОУ ВО «Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации», Москва, Российская Федерация
[2] ФГАОУ ВО «Московский государственный технологический университет «СТАНКИН», Москва, Российская Федерация
E-mail: [а)] mikaelnaz@mail.ru, [б)] samoylov-ve@ranepa.ru, [в)] nabych@mail.ru

Аннотация: рассматривается проблема оценки рисков и эффективности ИТ-проектов на ранних этапах планирования. Описывается концепция информационной системы, которая объединяет анализ текстовых описаний и количественных параметров проекта с использованием методов машинного обучения. Предлагаемая архитектура включает веб-интерфейс, модуль анализа текста, формирование признаков и прогнозные модели. Спроектированная архитектура служит основой для дальнейшей разработки прототипа.

Ключевые слова: управление ИТ-проектами, прогнозирование рисков, машинное обучение, обработка естественного языка, архитектура системы, оценка эффективности проектов.

ARCHITECTURE OF AN INFORMATION SYSTEM FOR ASSESSING RISKS AND EFFECTIVENESS OF IT PROJECTS

M.M. Nazaryan, First-year Master's student [1, a)]
V.E. Samoylov, Ph.D. in Engineering, Associate Professor [1, b)]
N.A. Bychkova, Ph.D. in Engineering, Associate Professor [2, c)]
[1] Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, Moscow, Russia
[2] Moscow State University of Technology «STANKIN»
E-mail: [a)] mikaelnaz@mail.ru, [b)] samoylov-ve@ranepa.ru, [c)] nabych@mail.ru

Abstract: this paper addresses the challenge of assessing risks and evaluating the effectiveness of IT projects during their early planning stages. It presents the concept of an information system that integrates the analysis of textual descriptions and quantitative project parameters through machine learning methods. The proposed architecture comprises a web interface, a text analysis module, a feature engineering component, and predictive models. This designed architecture serves as a foundational framework for subsequent prototype development.
Keywords: IT project management, risk forecasting, machine learning, natural language processing, system architecture, project effectiveness assessment.

Управление ИТ-проектами представляет собой довольно сложную задачу, которая требует постоянного контроля над множеством параметров и факторов. В последние годы интерес увеличивается из-за появления новых возможностей, в частности искусственного интеллекта, который компании активно внедряют в свои рабочие процессы. Практика показывает, что значительная часть ИТ-проектов сталкивается с серьезными трудностями на разных этапах реализации. Иногда это связано с превышением бюджета, иногда со срывом сроков, а порой проекты и вовсе оказываются невостребованными после завершения разработки. По данным международной компании The Standish Group, которая уже много лет изучает состояние ИТ-индустрии, успешно завершаются далеко не все проекты, и это остается актуальной проблемой, как для крупных организаций, так и для небольших стартапов [1].

Если посмотреть на первопричины неудач, становится понятно, что многие проблемы можно было бы предотвратить еще на этапе планирования. Часто решения о выборе технологий, распределении ресурсов или оценке сроков принимаются интуитивно, основываясь на личном опыте руководителя проекта или текущей ситуации в индустрии. Методологии управления проектами, помогают структурировать процесс разработки, но они не предлагают автоматизированных инструментов для прогнозирования рисков на основе анализа данных [2].

Существующие информационные системы управления проектами, среди которых можно выделить Microsoft Project, Jira, Asana и подобные им решения,

хорошо справляются с задачами планирования, трекинга задач и коммуникации. Но данные системы не умеют предсказывать вероятность успеха или неудачи проекта на основе его характеристик. Чтобы получить целостное представление о проекте, требуется система, способная работать сразу с несколькими видами данных – текстовыми описаниями, количественными характеристиками и историческими сведениями.

Построение подобной системы требует продуманной архитектуры. Предлагается построить ее по принципу разделения ответственности [5]. Она будет состоять из нескольких уровней, каждый из которых решает свой круг задач – от взаимодействия с пользователем до хранения данных и обучения моделей машинного обучения.

Для реализации серверной части выбрана технология FastAPI, которая будет координировать работу всех модулей, она отвечает за прием данных и передачу результатов обратно пользователю через веб-интерфейс. Выбор обусловлен несколькими факторами. Во-первых, фреймворк поддерживает асинхронную обработку запросов, что важно при работе с моделями машинного обучения. Во-вторых, он генерирует интерактивную документацию по API. В-третьих, у него есть встроенная валидация данных [6].

Обработка текстовых данных является ключевой задачей системы. Вначале она получает пользовательские данные, обрабатывает их и вычленяет ключевые особенности проекта. На этом этапе система использует библиотеку spaCy для лемматизации и токенизации текста. Далее для более глубокого понимания семантики текста, подключаются модели на основе BERT (DeepPavlov, RuBERT), чтобы выделить ключевые сущности, определить смысловые связи и преобразовать текст в векторное представление [3].

После обработки текста данные переходят в модуль формирования признаков. Здесь они объединяются с числовыми параметрами, нормализуются и кодируются таким образом, чтобы все сведения были представлены в едином виде. Категориальные переменные, например, выбранные технологии или методология разработки, кодируются с использованием методов one-hot encoding или label encoding в зависимости от данных. Получившийся вектор признаков передается в модуль машинного обучения, где заранее обученные модели анализируют проект с точки зрения возможных рисков и прогнозируемой эффективности [4].

Для задачи классификации рисков используется алгоритм случайного леса, позволяющий оценивать важность различных признаков. Для прогнозирования общей эффективности проекта применяется метод градиентного бустинга, обеспечивающий высокую точность предсказаний на табличных данных [4].

Хранение данных организовано с использованием реляционной базы данных. На этапе прототипирования планируется использование SQLite благодаря ее простоте развертывания. Она будет содержать информацию о проектах, результатах их оценки, а также исторических данных, которые необходимы для обучения моделей. В перспективе система может быть переведена на PostgreSQL.

Обучение моделей машинного обучения вынесено в отдельный процесс, который выполняется периодически по мере накопления и нахождения новых данных. Он не работает в режиме реального времени, потому что достаточно один раз обучить модель и после использовать обученную модель для последующего использования в основной системе.

Поскольку работа находится на стадии разработки, основным результатом является сформированная архитектура системы. Созданная структура позволяет представить, каким образом будут объединяться текстовые и числовые параметры проекта, как организована обработка данных и каким образом прогнозные модели будут выдавать итоговую оценку.

В рамках текущей реализации подготовлена схема взаимодействия всех компонентов, включающая пользовательских интерфейс, серверную часть, модуль обработки естественного языка, модуль формирования признаков, алгоритмы машинного обучения и систему хранения данных (см. рис. 1).

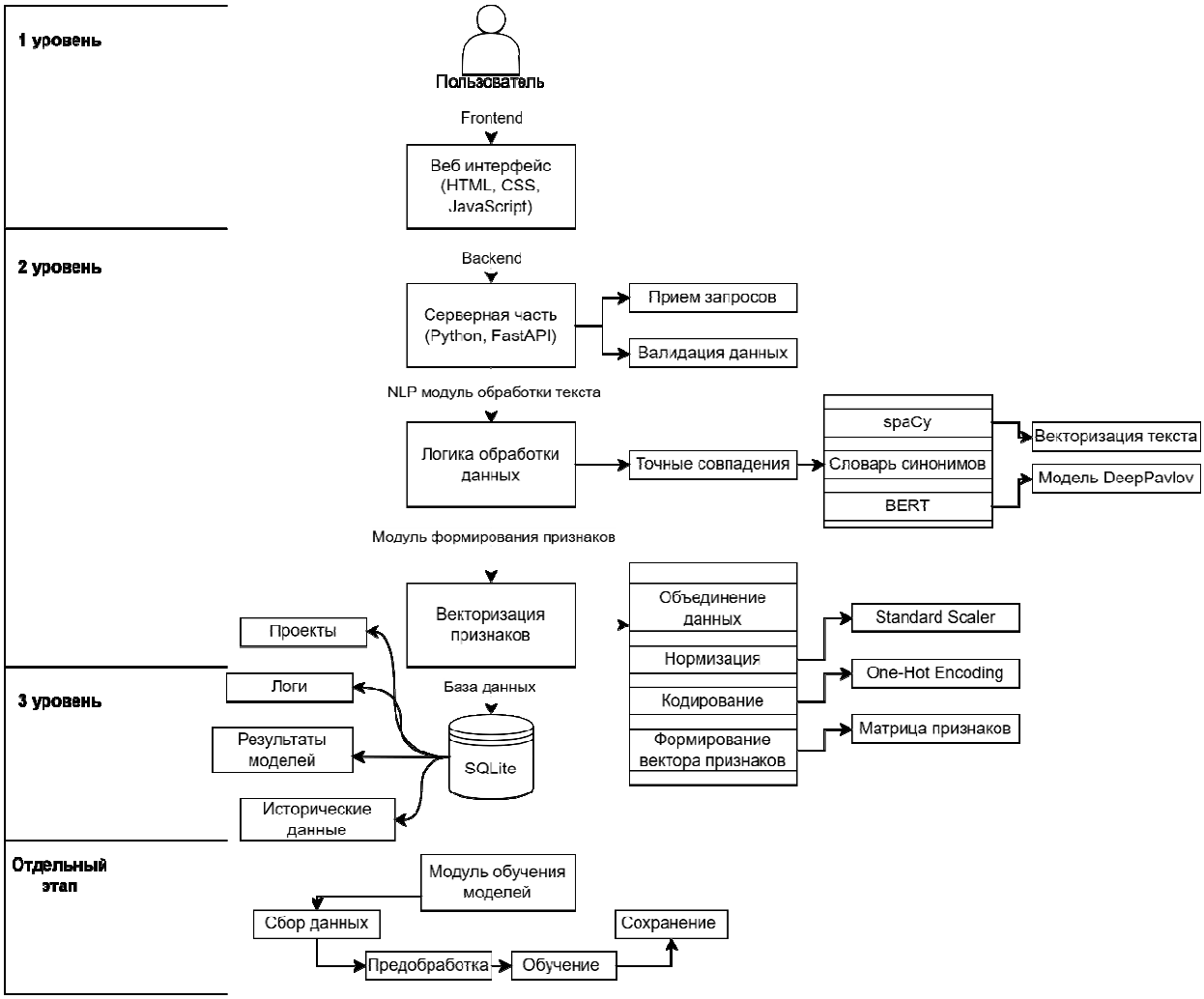


Рис. 1. Архитектура системы

Первый уровень представляет веб-интерфейс, через который пользователь вводит параметры проекта и получает результаты анализа. На втором уровне

располагается серверная часть, координирующая работу всех модулей. Здесь же находятся ключевые компоненты – модуль обработки естественного языка и модуль формирования признаков. Третий уровень включает базу данных для хранения информации о проектах, результатах оценки и исторических данных. Отдельно вынесен модуль обучения моделей.

Предложенная архитектура обладает рядом преимуществ по сравнению с традиционными подходами к оценке проектов. Однако качество прогнозов напрямую зависит от объема и качества обучающих данных. Если сравнивать с существующими системами управления проектами, то предложенное решение не заменяет их, а дополняет прогнозной аналитикой.

Рассмотренная архитектура создает основу для реализации гибкой и расширяемой системы, которую можно развивать по мере появления новых данных. Она охватывает все этапы обработки информации от ввода пользовательских данных до выдачи прогнозов. Следующим шагом является практическая реализация, создание прототипа и проведение экспериментальной проверки качества прогнозирования на реальных и синтетических данных. Дальнейшие исследования могут быть направлены на расширение функционала системы, добавление модуля обратной связи от пользователей и возможную интеграцию с существующими платформами управления проектами.

Список литературы

1. The Standish Group International. CHAOS Report 2020 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://www.standishgroup.com (дата обращения: 18.11.2025).

2. Чекмарев А.В. Управление цифровыми проектами и процессами : учебник для вузов / А.В. Чекмарев. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 424 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-18522-5.

3. Васильев Ю. Обработка естественного языка. Python и spaCy на практике. — СПб.: Питер, 2021. — 256 с.: ил. - ISBN 978-5-4461-1506-8.

4. Григорьев А. Машинное обучение. Портфолио реальных проектов = Machine Learning Bookcamp : [пер. с англ.] / А. Григорьев ; пер. Р. Чикин. — Санкт-Петербург : Питер, 2023. — 496 с. : ил. — (Библиотека программиста). — ISBN 978-5-4461-1978-3.

5. Грекул В.И. Проектирование информационных систем : учебник и практикум для вузов / В.И. Грекул, Н.Л. Коровкина, Г.А. Левочкина. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 404 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-19505-7.

6. Адешина А.А. Создание веб-API Python с помощью FastAPI = Building Python Web APIs with FastAPI : быстрое руководство по созданию высокопроизводительных и надежных веб-API с очень небольшим количеством шаблонного кода : [пер. с англ.] / А.А. Адешина. — Бирмингем : Packt Publishing, 2022. — 216 с. : ил. — ISBN 978-1-80107-663-0.

УДК 338.24

ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМИЧЕСКИХ СТРАТЕГИЙ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ И МИНИМИЗАЦИИ РИСКОВ ОТКРЫТЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ ЗАКУПОК ТОРГОВЫХ ДОМОВ

И.Н. Реймерс, аспирант [1, a)]
[1] МФПУ «Синергия», Москва, Российская Федерация
E-mail: [a)] igor8501@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена актуальным вопросам развития методологической базы применения искусственного интеллекта в контексте цифровизации торгового бизнеса в России, с особым акцентом на торговые дома. Основная цель исследования заключается в анализе возможностей прикладного использования современных алгоритмов искусственного интеллекта, учитывающих специфику функционирования торговых домов. В ходе работы были идентифицированы и систематизированы существующие рисковые факторы, с которыми сталкиваются торговые дома при осуществлении закупочной деятельности через электронные торговые площадки. Рассмотрены различные подходы к управлению рисками, а также проведен анализ алгоритмических стратегий, направленных на адаптацию к особенностям электронных закупок. Научная новизна данного исследования заключается в модификации существующих подходов к стратегическому управлению рисками в торговых организациях, что открывает новые возможности для оптимизации процессов закупок и повышения эффективности деятельности торговых домов в условиях цифровой экономики.
Ключевые слова: электронная торговля, цифровизация закупок, алгоритмические стратегии, электронные торги.

APPLICATION OF ALGORITHMIC STRATEGIES FOR MODELING AND MINIMIZING RISKS IN OPEN ELECTRONIC PROCUREMENT OF TRADING HOUSES

I.N. Reimers [1, a)]
[1] Moscow Financial and Industrial University "Synergy", Moscow, Russia
E-mail: [a)] igor8501@mail.ru

Abstract. The article addresses topical issues related to the development of the methodological framework for applying artificial intelligence in the context of digitalization of the trading business in Russia, with particular emphasis on trading houses. The main objective of the study is to analyze the possibilities of applied use of modern artificial intelligence algorithms that take into account the specific features of trading houses' operations. The study identifies and systematizes existing risk

factors faced by trading houses when conducting procurement activities through electronic trading platforms. Various risk management approaches are examined, and an analysis of algorithmic strategies aimed at adapting to the specific characteristics of electronic procurement is carried out. The scientific novelty of this research lies in the modification of existing approaches to strategic risk management in trading organizations, which creates new opportunities for optimizing procurement processes and improving the operational efficiency of trading houses in the digital economy.
Keywords: electronic commerce, procurement digitalization, algorithmic strategies, electronic trading.

Развитие системы государственных и корпоративных закупок в Российской Федерации в рамках федеральных законов № 44-ФЗ и № 223-ФЗ обусловило формирование сети крупных операторов электронных торговых площадок, выполняющих функции институционализированных посредников («торговых домов»), через которые проходит основная часть конкурентных процедур и значительный объём бюджетных и квазибюджетных средств [1, 2, 7]. Концентрация закупочной деятельности на ограниченном числе операторов, их трансформация в комплексные цифровые экосистемы, поддерживающие интеграции сервисов аналитики, электронного документооборота, финансовых инструментов и иных инфраструктурных решений, а также практически полная цифровизация конкурентных процедур привели к качественному изменению статуса открытых электронных торгов — от технического канала размещения заказов к ключевому элементу контрактной системы [3, 4]. Одновременно статистика контрольных и надзорных органов демонстрирует устойчивый рост числа жалоб участников закупок и обращений в антимонопольный орган, в том числе по закупкам, осуществляемым в электронной форме [5], а также значительную и увеличивающуюся долю несостоявшихся конкурентных процедур, нередко обусловленных отсутствием достаточного числа участников [10, с. 1038–1042]. В совокупности указанные обстоятельства предопределяют необходимость анализа развития операторов электронных торговых площадок не только в институциональном и технологическом измерениях, но и через призму комплексной оценки и структуризации рисков открытых электронных торгов.

В контексте открытых электронных закупок операторов электронных торговых площадок (далее — торговые дома) под риском целесообразно понимать вероятность наступления событий, способных вызвать отклонение фактических результатов закупочной деятельности от запланированных целей по стоимости, срокам, качеству и уровню конкуренции. Закупочные риски описываются как совокупность угроз, возникающих на различных стадиях закупочного процесса и способных привести к финансовым потерям заказчика, снижению эффективности использования бюджетных средств, нарушению принципов конкуренции и росту трансакционных издержек [8, 9, 11]. Специфика контрактной системы по 44-ФЗ и 223-ФЗ предопределяет

необходимость учитывать правовые, организационные и технологические аспекты рисков [1, 2, 8].

Особенности электронных централизованных закупок проявляются в повышенной динамичности возникновения рисков и сложности их прогнозирования. Для централизованных электронных закупок характерны специфические источники рисков:

– отсутствие «зеркальных» (согласованных) условий спецификаций по оплатам и поставкам между центральным заказчиком и получателями товаров;

– неоднородность схем проведения электронных процедур на коммерческих площадках (различные регламенты, сроки, форматы конкурентных процедур);

– развитие механизмов совместной закупки и консолидации потребности; переходы от децентрализованной модели к смешанной и централизованной, сопровождающиеся эффектами принципала–агента и перераспределением ответственности [12, 13].

В результате для открытых электронных закупок торговых домов рационально использовать многоуровневую классификацию, включающую виды рисков. **Финансовые риски** — вероятность потерь бюджетных и корпоративных средств, недополучения экономии, дефолта или недобросовестного поведения поставщика. **Рыночные риски** — изменчивость ценовой конъюнктуры, спроса и предложения, уровня конкуренции в сегментах, охваченных централизованными закупками [11, с. 33–36; 12, с. 52–55]. **Конкурентные и коррупционные риски** — риски ограничения конкуренции, картельных сговоров, предпочтительного отношения к отдельным поставщикам, что особенно актуально при крупных централизованных и совместных закупках [5; 10, с. 1043–1048]. **Технические риски** — сбои и отказы информационных систем, уязвимости программного обеспечения, потеря или утечка данных, нестабильность работы ЭТП и ЕИС [6]. **Операционные риски** — ошибки персонала при планировании и проведении процедур, неэффективные операционные и управленческие процессы в централизованных закупочных органах, в том числе в части согласования спецификаций и распределения объёмов [8, с. 36–38]. **Стратегические и тактические риски** — несоответствие централизованной закупочной политики долгосрочным целям организации и снижение эффективности отдельных подразделений в результате перераспределения полномочий и перехода к централизованной или смешанной модели [13, с. 27–30]. **Правовые (организационно-правовые) риски** — нарушение требований 44-ФЗ и 223-ФЗ, подзаконных актов и контрактных условий, в том числе при формировании совместных и централизованных закупок, заключении и изменении контрактов [1, 2].

В современных системах управления рисками электронных закупок широко применяются алгоритмы машинного обучения, такие как деревья решений, ансамблевые модели и методы кластеризации, позволяющие, в частности, прогнозировать индексы коррупционного риска и

автоматизированного отбора подозрительных контрактов для последующей проверки [14, с. 9–14; 15, с. 6–9]. Деревья решений и их ансамбли особенно эффективны для классификации процедур по уровням риска на основе исторических данных, тогда как методы кластеризации и иные unsupervised-подходы позволяют обнаруживать скрытые группы аномалий и тем самым повышать чувствительность системы к новым схемам недобросовестного поведения.

Supervised-подходы требуют размеченных данных для обучения моделей идентификации рисков — например, информации о закупках с подтверждёнными нарушениями, жалобами, результатами расследований или высокими значениями композитных индексов риска. [14, с. 15–18] Они демонстрируют высокую точность в распознавании уже известных паттернов недобросовестного поведения (картельный сговор, фаворитизм, систематическое завышение цен), что подтверждается как прикладными исследованиями по прогнозированию коррупционных индексов публичных закупок, так и современными систематическими обзорами data-driven-подходов к выявлению мошенничества в госзакупках. Эффеткивность этих методов ограничена в ситуациях, когда новые типы рисков не представлены в исторических данных, а необходимость предварительной маркировки выборок создаёт существенные операционные издержки и затрудняет масштабирование решений.

Unsupervised-методы не требуют размеченных данных и способны обнаруживать ранее неизвестные аномалии, опираясь на статистические свойства признаков закупок (комбинации цены, числа заявок, сроков объявления и подачи, частоты поправок к контракту и т.п.) [16, с. 245–249] Текущие алгоритмические решения сталкиваются с ограничениями при обработке неструктурированных данных, таких как текстовые описания закупок, технические задания, условия контрактов, жалобы участников или мультимедийные вложения. Традиционные методы машинного обучения плохо адаптированы к анализу подобных данных без трудоёмкой предварительной обработки. Современные подходы NLP, применённые к тендерной документации, показывают, что из текстов можно автоматически извлекать содержательные признаки риска в форме ограничительных требований, условий оплат и штрафных санкций, условий поставок, усиливающие монополизацию площадки [17, с. 721–725] Интеграция таких текстовых признаков в модели риска позволяет частично преодолеть указанные ограничения, но требует развитой инфраструктуры для извлечения, нормализации и хранения текстовых данных в машиночитаемом виде.

Динамические параметры рынка, включая колебания цен, изменение порогов процедур, переход к новым форматам электронных площадок и корректировки нормативной базы, также создают вызовы для статических моделей. Существующие системы, как правило, нуждаются в регулярном пересмотре индикаторов и периодическом переобучении моделей для

поддержания актуальности, что повышает эксплуатационные расходы, но является необходимым условием устойчивого качества детекции рисков.

Специфика рисков **электронных** закупок должна учитываться на уровне построения признакового пространства и архитектуры системы мониторинга. В состав набора индикаторов, отражающих характерные уязвимости процесса: короткие периоды подачи заявок, низкое число участников и преобладание процедур с одной заявкой, высокая доля неконкурентных и напрямую заключаемых контрактов, многократные и существенные изменения условий договора, значительное расхождение между начальной (оценочной) и фактической ценой контракта, концентрация контрактов у ограниченного круга поставщиков. [11, с. 37–39; 12, с. 56–59].

В практическом плане специфика электронных закупок учитывается через построение гибридного контура: на первом уровне unsupervised-модели (кластеризация, Isolation Forest) осуществляют скрининг всего массива процедур и выделяют наблюдения с атипичными комбинациями электронных показателей, а на втором уровне supervised-модели, обученные на размеченных кейсах и индикаторах риска, уточняют оценку вероятности нарушения и формируют приоритизацию для ручного контроля.

Список литературы

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

2. Федеральный закон Российской Федерации от 18.07.2011 № 223-ФЗ «О закупках товаров, работ, услуг отдельными видами юридических лиц».

3. Министерство финансов Российской Федерации. Обзор развития контрактной системы в сфере закупок за 2024 год. — М.: Министерство финансов Российской Федерации, 2025.

4. Министерство финансов Российской Федерации. Основные направления цифровизации закупочной деятельности в Российской Федерации. – М.: Министерство финансов Российской Федерации, 2024.

5. Федеральная антимонопольная служба Российской Федерации. Итоги контрольной деятельности ФАС России в сфере закупок за 2024 год. — М.: Федеральная антимонопольная служба Российской Федерации, 2025.

6. Счётная палата Российской Федерации. Анализ функционирования Единой информационной системы в сфере закупок. — М.: Счётная палата Российской Федерации, 2022.

7. Гречко М.В., Грибанова А.А., Горлова Е.А. Роль электронных торговых площадок в повышении прозрачности закупочных процедур // Инновационная экономика: информация, аналитика, прогнозы. – 2025. – № 7. – С. 168–176. https://doi. org/10.47576/2949-1894.2025.7.7.021.

8. Белокрылова О.С., Гуцелюк Е.Ф. Экономические риски системы государственных и муниципальных закупок. URL:

https://cyberleninka.ru/article/n/ekonomicheskie-riski-sistemy-gosudarstvennyh-i-munitsipalnyh-zakupok.

9. Thai K.V. International Handbook of Public Procurement. — Boca Raton: CRC Press, 2009. — 720 c.

10. Yakovlev A., Demidova O. Corruption, Centralization and Competition: Evidence from Russian Public Procurement // Journal of Comparative Economics. — 2018. — Vol. 46, No. 4. — P. 1031–1053.

11. Organisation for Economic Co-operation and Development. Preventing Corruption in Public Procurement. — Paris: OECD Publishing, 2016.

12. Organisation for Economic Co-operation and Development. Public Procurement for Innovation. — Paris: OECD Publishing, 2017.

13. Organisation for Economic Co-operation and Development. Centralised Public Procurement: Trends and Best Practices. — Paris: OECD Publishing, 2018.

14. Organisation for Economic Co-operation and Development. Using Data Analytics for Integrity in Public Procurement. — Paris: OECD Publishing, 2019.

15. Gallego J., Prem M., Vargas J. Corruption in Public Procurement: Evidence from Machine Learning // Journal of Public Economics. — 2020. — Vol. 184. — Art. 104141.

16. Bolton R., Hand D. Statistical Fraud Detection: A Review // Statistical Science. — 2002. — Vol. 17, No. 3. — P. 235–255.

17. Ferraz C., Finan F. Electoral Accountability and Corruption: Evidence from the Audits of Local Governments // Quarterly Journal of Economics. — 2011. — Vol. 126, No. 2. — P. 703–745.

УДК 004.054

ПОДХОДЫ К ТЕСТИРОВАНИЮ ИНТЕГРАЦИОННЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ И ИХ ПРИМЕНИМОСТЬ К СИСТЕМЕ МЕЖВЕДОМСТВЕННОГО ЭЛЕКТРОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ВЕРСИИ 3

М.А. Бобровских, студент 2 курса магистратуры [1, a)]
[1] ФГАОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН», Москва, Российская Федерация
E-mail: [a)] mark0820112@gmail.com

Научный руководитель: В.А. Чеканин, д-р техн. наук, доцент

Аннотация: Рассматриваются основные подходы к тестированию программных систем и анализируется их применимость к интеграционным взаимодействиям в распределённых информационных системах. Особое внимание уделено специфике тестирования интеграций с системой межведомственного электронного взаимодействия версии 3 (СМЭВ 3),

обусловленной асинхронной моделью обмена, строгой регламентацией форматов сообщений и распределённой ответственностью участников. Показано, что традиционные виды тестирования не обеспечивают полной проверки интеграционных взаимодействий, а эмуляция транспортного уровня является наиболее эффективным инструментом для автономного и воспроизводимого тестирования.
Ключевые слова: тестирование программного обеспечения, интеграционное тестирование, мок-тесты, эмуляция, СМЭВ 3.

APPROACHES TO TESTING INTEGRATION INTERACTIONS AND THEIR APPLICABILITY TO THE SYSTEM OF INTERDEPARTMENTAL ELECTRONIC INTERACTION VERSION 3

M.A. Bobrovskikh [1, a)]
[1] Moscow State University of Technology «STANKIN», Moscow, Russia
E-mail: [a)] mark0820112@gmail.com

Scientific supervisor: V.A. Chekanin, Dr. of science, associate professor

Abstract: The paper reviews common software testing approaches and analyzes their applicability to integration interactions in distributed information systems. Special attention is paid to integrations with the System of Interdepartmental Electronic Interaction version 3 (SMEV 3), characterized by an asynchronous communication model and strict message regulations. It is shown that interaction emulation is the most effective approach for autonomous and reproducible testing of SMEV 3 integrations.
Keywords: software testing, integration testing, mock testing, emulation, SMEV 3.

Введение

Развитие распределённых информационных систем сопровождается ростом сложности интеграционных взаимодействий между их компонентами. В таких условиях корректность функционирования системы определяется не только внутренней логикой, но и правильной реализацией обмена данными с внешними участниками. Это обуславливает ключевую роль интеграционного тестирования в обеспечении качества программного обеспечения.

Тестирование интеграционных взаимодействий в распределённых информационных системах является одной из наиболее сложных задач обеспечения качества программного обеспечения. В межведомственных системах данная сложность усиливается строгой регламентацией обмена, асинхронной моделью взаимодействия и распределённой ответственностью между участниками. Система межведомственного электронного взаимодействия версии 3 (СМЭВ 3) представляет собой инфраструктурный транспортный слой,

корректность работы которого напрямую влияет на функционирование прикладных сервисов.

На практике тестирование интеграций с СМЭВ 3 часто зависит от готовности тестовых контуров внешних участников, что снижает воспроизводимость испытаний и приводит к выявлению дефектов на поздних этапах внедрения. В этих условиях актуальным является поиск подходов, позволяющих обеспечить автономное и управляемое тестирование интеграционных решений.

Методы

Модульное (юнит) тестирование направлено на проверку отдельных компонентов системы в изоляции от внешнего окружения и эффективно для выявления логических ошибок. Однако данный подход не позволяет проверить корректность взаимодействия с внешними системами.

Интеграционное тестирование ориентировано на проверку взаимодействия между компонентами и внешними сервисами. Использование реальных внешних систем обеспечивает высокую достоверность, но сопровождается зависимостью от их доступности и низкой воспроизводимостью сценариев.

Для снижения зависимости от внешней инфраструктуры применяются мок-тесты, основанные на использовании программных заглушек. Они позволяют проверять логику обработки ответов и ошибок, однако, как правило, моделируют только прикладной уровень и не воспроизводят особенности транспортного взаимодействия.

Контрактное тестирование формализует ожидания сторон в виде контрактов, описывающих структуру сообщений и допустимые сценарии обмена. Такой подход повышает строгость проверки форматов, но не охватывает динамические аспекты асинхронного взаимодействия.

Использование реальной тестовой среды СМЭВ 3 позволяет приблизить условия тестирования к промышленной эксплуатации, однако данный подход характеризуется высокой зависимостью от внешних участников и ограниченной повторяемостью сценариев. Модульное и мок-тестирование эффективно для проверки внутренней логики системы, но не воспроизводит особенности транспортного уровня, включая асинхронный жизненный цикл сообщений и регламентные ошибки. Контрактное тестирование повышает строгость проверки форматов сообщений, однако не охватывает динамику взаимодействия и обработку временных состояний.

Подход, основанный на использовании эмулятора СМЭВ 3, предполагает воспроизведение ключевых архитектурных и функциональных характеристик транспортного уровня системы в виде самостоятельного программного компонента. Эмулятор принимает и формирует сообщения в формате, соответствующем видам сведений, моделирует асинхронный жизненный цикл обмена и обрабатывает регламентные ошибки.

Использование эмулятора позволяет подменить реальные точки интеграции на уровне конфигурации информационной системы, не внося

изменений в её прикладную логику. Это обеспечивает возможность автономного тестирования интеграционных сценариев в контролируемой среде и упрощает автоматизацию проверок.

Результаты

Рассмотрены основные подходы к тестированию интеграционных взаимодействий. Вследствие невозможности покрытия тестовых сценариев с использованием классических методов, предлагается решение для эмуляции СМЭВ 3.

Необходимо учитывать следующие особенности работы со СМЭВ 3:

– использование асинхронной модели обмена сообщениями, при которой отправка запроса и получение ответа разделены во времени и требуют корректной обработки состояний сообщений;

– применение видов сведений в качестве базовой единицы интеграции, объединяющей предмет обмена, форматы сообщений и регламент взаимодействия;

– строгую регламентацию форматов сообщений на основе XML-схем и обязательную валидацию структуры данных на транспортном уровне;

На основе вышеописанных условий предлагается следующая структура работы эмулятора СМЭВ 3 (рис. 1).

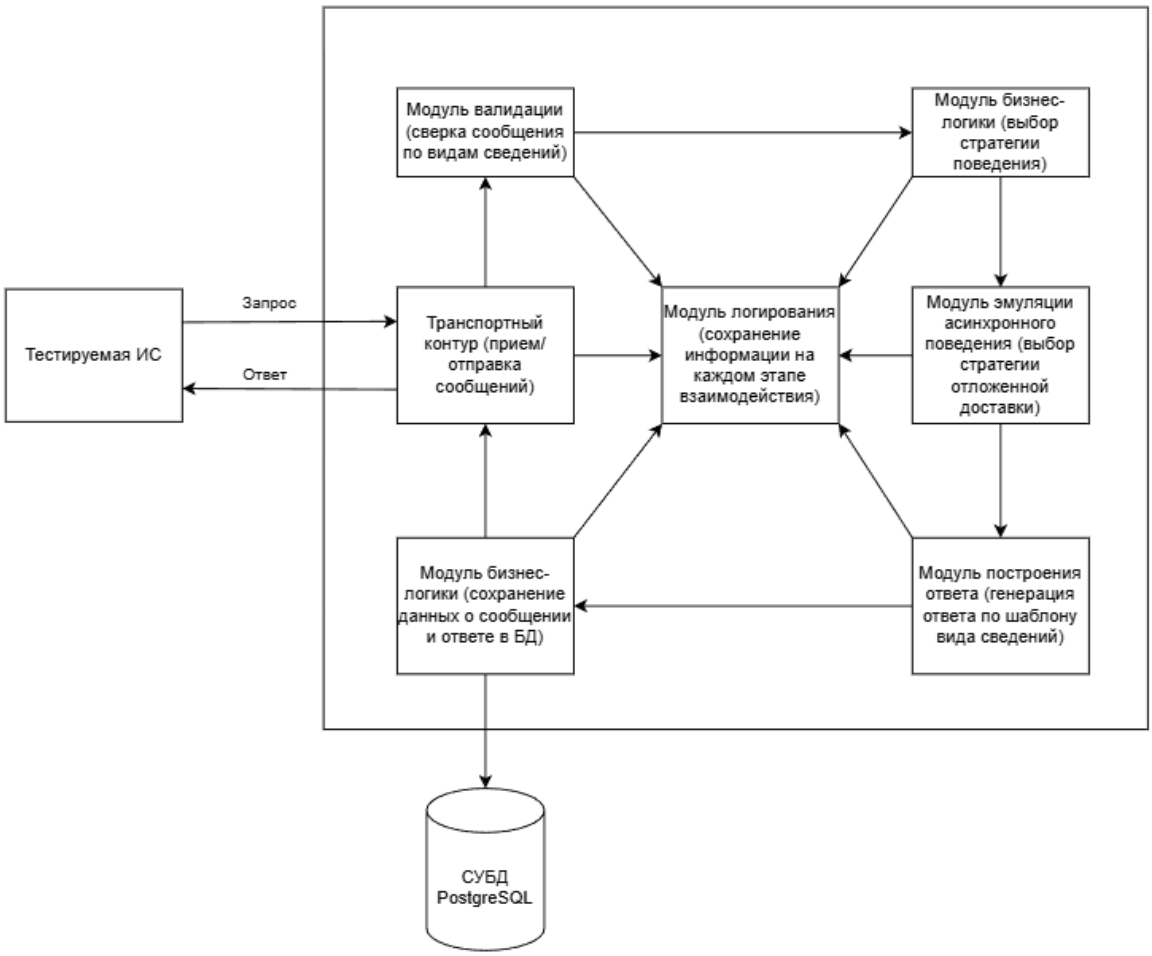


Рис. 1. Структура работы эмулятора СМЭВ 3

Заключение

Классические методы тестирования не могут применяться для работы с интеграционными событиями СМЭВ 3. Использование эмулятора позволяет исправить проблемы, возникающие при автоматизации с использованием классических методов тестирования. Помимо этого, эмуляция позволяет минимизировать человеческий фактор, выраженный в ожидании настройки реального тестового контура для интеграционного взаимодействия.

Список литературы

1. Ермаков А.Н. Тестирование программного обеспечения. – СПб.: БХВ-Петербург, 2016. – 448 с.

2. Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций РФ**.** Система межведомственного электронного взаимодействия. Описание архитектуры и принципов функционирования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://info.gosuslugi.ru (Дата обращения: 21.12.2024).

3. Myers G.J., Sandler C., Badgett T. The Art of Software Testing. – 3rd ed. – Hoboken: John Wiley & Sons, 2011. – 256 p.

УДК 004.94

АДАПТИВНЫЙ МЕТОД ДИНАМИЧЕСКОГО СКАНИРОВАНИЯ И ФУЗЗИНГА ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЙ

М.М. Адживаnаев, студент [1, a)]

[1] ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», Севастополь, Российская Федерация

E-mail: [a)] miga156@yandex.ru

Научный руководитель: М.А. Маслова, старший преподаватель

Аннотация: В работе рассматривается актуальная проблема повышения эффективности динамического анализа и фуззинга веб-приложений. Проведён сравнительный анализ современных подходов, который выявил ограниченную адаптивность существующих систем и неполное использование интеллектуальных методов. На основе анализа предлагается теоретический адаптивный метод динамического сканирования, объединяющий элементы фуззинга, анализа реакций веб-приложения и искусственного интеллекта в единый итерационный цикл. Метод предполагает изменение стратегии тестирования на основе поведения приложения, что потенциально повышает глубину анализа и снижает количество ложных срабатываний.

Ключевые слова: динамическое сканирование, фуззинг, адаптивные методы, web security, искусственный интеллект.

ADAPTIVE METHOD OF DYNAMIC SCANNING AND FUZZING OF WEB APPLICATIONS

M.M. Adzhivapaev [1, a)]
[1] Sevastopol State University, Sevastopol, Russian Federation
E-mail: [a)] miga156@yandex.ru

Scientific supervisor: M.A. Maslova, senior teacher

Abstract: This paper examines the pressing issue of improving the efficiency of dynamic analysis and fuzzing of web applications. A comparative analysis of current approaches revealed the limited adaptability of existing systems and the incomplete use of intelligent methods. Based on this analysis, a theoretical adaptive dynamic scanning method is proposed that combines elements of fuzzing, web application response analysis, and artificial intelligence into a single iterative cycle. This method involves modifying the testing strategy based on application behavior, potentially increasing the depth of analysis and reducing the number of false positives.
Keywords: dynamic scanning, fuzzing, adaptive methods, web security, artificial intelligence.

Введение

Безопасность веб-приложений остаётся одной из ключевых проблем информационной безопасности. Согласно статистике утечек информации за 2024 год, собранной экспертно-аналитическим центром InfoWatch, большинство инцидентов связано с кибератаками (порядка 70–75% случаев) [1]. Это подчёркивает необходимость более эффективных средств динамического анализа безопасности приложений (DAST) и фуззинга — методов, способных выявлять уязвимости непосредственно в процессе работы программного продукта.

Тем не менее, существующие подходы к анализу безопасности веб-приложений имеют ряд ограничений. Во-первых, статический анализ кода (SAST) часто генерирует большое число ложных срабатываний, требующих трудоёмкой проверки. Во-вторых, традиционные DAST-сканеры не обеспечивают полного покрытия логики современных веб-приложений, особенно в случаях одностраничных приложений (SPA), AJAX-взаимодействий и многошаговых форм. Наконец, прямолинейный фуззинг (fuzzing) при наивном подходе создаёт чрезмерные объёмы тестовых данных без учёта реакции приложения, что приводит к низкой эффективности и избыточной нагрузке.

В связи с этим актуальна задача разработки методов, способных обучаться в процессе тестирования и адаптировать стратегию исследования на основе реакций самого веб-приложения. Такой адаптивный подход потенциально позволит увеличить глубину и точность обнаружения уязвимостей, минимизируя лишнюю работу и количество ложных позитивных срабатываний.

Анализ существующих решений

На основе анализа современных исследований и инструментов были рассмотрены три подхода, представленные в последние годы:

1. Atropos (USENIX Security, 2024) – экспериментальный фреймворк, предлагающий snapshot-базированный stateful greybox-фуззинг для серверных веб-приложений с использованием специальных bug-oracles для обнаружения распространённых типов уязвимостей [2]. Данный подход демонстрирует высокую эффективность нахождения ошибок (обнаружены десятки новых уязвимостей без ложных срабатываний), однако алгоритм адаптации в Atropos жёстко заложен набором правил. Система не использует обучающиеся модели, из-за чего ее реакция на поведение приложения ограничена заранее определёнными эвристиками – то есть отсутствует настоящая самонастраиваемая адаптивность.

2. ML-классификация результатов сканирования (Pentest-Tools) – коммерческий инструмент динамического сканирования, в котором машинное обучение применено для постобработки результатов фуззинга. В частности, Pentest-Tools разработал ML-модуль классификации HTML-ответов, позволяющий автоматически отсевать заведомо незначимые результаты и тем самым сокращать число ложных срабатываний примерно на 50% при сохранении высокой точности (~92%) [3]. Это существенно повышает эффективность анализа, избавляя эксперта от ручной проверки множества «мусорных» срабатываний. Однако важно отметить, что искусственный интеллект в данном случае задействован после выполнения сканирования и фуззинга – он не участвует в самом процессе тестирования и не меняет стратегию исследования приложения на лету.

3. CI Fuzz / CI Spark (Code Intelligence) – современное решение, интегрирующее генеративные модели ИИ в процесс фуззинга исходного кода [4]. Платформа CI Fuzz автоматически генерирует тесты на основании исходников, а модуль CI Spark с помощью больших языковых моделей (LLM) умеет выявлять потенциальные точки входа и создавать шаблоны fuzz-тестов для них. Благодаря этому снижается порог для применения фуззинга разработчиками (автоматизация подготовки тестовых хранилищ и точек входа). Однако управление самим процессом исследования приложения со стороны ИИ ограничено: интеллектуальная система генерирует входные данные и тесты, но не осуществляет полноценного динамического планирования фуззинга. Проще говоря, ИИ в Code Intelligence помогает подготовить что тестировать, но не решает, как изменять ход тестирования в зависимости от ответов приложения.

Вывод по анализу:

Ни одно из рассмотренных решений не реализует полного адаптивного цикла тестирования, при котором:

– реакция веб-приложения напрямую влияет на последующие действия инструмента;

– ML-модели встроены именно в процесс принятия решений во время сканирования;

– стратегия исследования постоянно корректируется автоматически на основе накопленных данных.

Отсутствие такой итеративной адаптивности подтверждает актуальность разработки нового метода, объединяющего сильные стороны динамического сканирования, фуззинга и искусственного интеллекта.

Методы

Разработан теоретический адаптивный метод динамического сканирования веб-приложений, объединяющий фуззинг и алгоритмы ИИ в единый цикл. Данный метод на текущем этапе носит концептуальный характер (без реализации) и сформирован на основе анализа существующих подходов и выявленных у них недостатков. Ключевая идея – сделать процесс тестирования итеративно изменяемым: каждое новое действие сканера определяется результатами предыдущих шагов и поведением целевого приложения.

Метод включает следующие основные компоненты:

1. Динамическое обследование (краулинг). На первом этапе сканер автоматически исследует целевое веб-приложение, выявляя доступные точки входа: URL-адреса, формы ввода, API-эндпоинты и другие элементы интерфейса для взаимодействия. В отличие от ряда существующих инструментов, предлагаемый метод не требует заранее заданной полной спецификации API или карты сайта – структура приложения постепенно определяется в ходе его обследования. Краулинг строит динамическую модель приложения, фиксируя обнаруженные страницы, параметры запросов, последовательности переходов и т.д. Результатом этапа является накопление базовых знаний о поверхностях атаки приложения.

2. Генерация тестовых воздействий (фуззинг). После выявления точек входа начинается собственно фуззинг – автоматическая генерация и отправка на сервер тестовых запросов. Используются два основных подхода генерации данных:

– Мутационный фуззинг – модификация реальных корректных запросов, перехваченных на этапе краулинга (например, изменение параметров, заголовков, тела запроса и т.п. для внесения аномалий).

– Генеративный фуззинг – синтез новых входных данных «с нуля» на основе известных форматов и типовых значений (например, генерация случайных строк, специфических полезных нагрузок SQL/XSS, различных форматов JSON/XML и др.).

Отличительной особенностью метода является то, что процесс генерации учитывает накопленную информацию о приложении. Шаблоны и параметры тестов адаптируются под обнаруженные типы входных данных и наблюдаемое поведение сервера. Например, если на каком-то параметре была получена ошибка типа SQL, генератор может усилить внимание к этому параметру, пробуя больше вариаций вредоносных строк. Таким образом, фаззер не действует вслепую, а постоянно обогащает свои тестовые наборы на основе ранее полученных результатов.

3. Модуль классификации ответов (компонент ИИ). Все ответы сервера на тестовые воздействия подвергаются автоматическому анализу с помощью машинного обучения. ИИ-компонент выполняет многокритериальную классификацию реакций веб-приложения, чтобы выделить наиболее значимые события и фильтровать шум. В рамках метода целесообразно обучить модель различать как минимум следующие типы ситуаций:

– «Интересный» или успешный ответ: например, неожиданный доступ к скрытому разделу/панели администрирования, утечка конфиденциальных данных, детальное сообщение об ошибке – все случаи, потенциально указывающие на уязвимость.

– Ошибка сервера (5xx): падение или исключение на стороне сервера, сигнализирующее о потенциальной точке отказа или баге.

– Не найдено (4xx, 404): стандартные отрицательные ответы (страница/ресурс не найден) – обычно малозначимы, их можно отсеивать.

– Подозрительные паттерны: однотипные ответы (например, от страницы защиты или WAF), сообщения об отказе в доступе, неожиданные редиректы – могут свидетельствовать о срабатывании защит или необходимости обхода.

– Динамический контент, требующий рендеринга: случаи, когда ответ не информативен в сыром виде (пустой HTML с JS) и требует эмуляции работы браузера. Модель отмечает такие ответы, чтобы фреймворк мог при необходимости выполнить рендеринг и повторный анализ через встроенный браузер движка.

Благодаря этому модулю ответы автоматически триажируются: потенциально перспективные находки передаются на дальнейшее углублённое исследование, а заведомо «ложные» либо бессмысленные ответы (например, стандартные 404-страницы) отфильтровываются, снижая нагрузку на эксперта. Подобный интеллектуальный анализ выхода фуззинга позволяет приблизить работу сканера к логике действий опытного пентестера, оперативно замечающего «интересные сигналы» среди общего потока данных.

4. Адаптивное планирование (ядро метода). Это центральный компонент, отвечающий за принятие решений на основе собранной информации. Теоретически предлагается использовать принципы обучения с подкреплением (reinforcement learning) для автоматизации планирования тестирования. В упрощённом виде процесс можно представить так: сканер действует как агент, выполняющий шаги (тестовые запросы) в окружающей среде (веб-приложении) и получающий отклик в виде ответов. Ответы сервера служат сигналами «награды» – положительной (если обнаружены признаки уязвимости или новая функциональность) или нулевой/отрицательной (если запрос не дал новой информации). На основании этих сигналов стратегия автоматизированно корректируется:

– Перспективные направления исследования углубляются – например, если определённый параметр или эндпоинт дал интересный результат, система

сфокусирует больше ресурсов на его дальнейшее изучение (генерируя вариации запросов, эмулируя разные сценарии взаимодействия и т.д.).

– Бесперспективные пути отсеиваются – если многократные попытки на каком-то участке не приводят к новым результатам (например, последовательные 404 или однообразные ответы), фреймворк снижает приоритет этих действий или временно исключает их.

Такой механизм адаптивного планирования позволяет сканеру эволюционировать в ходе теста, постепенно смещая усилия туда, где вероятность обнаружить уязвимость выше. Это частично аналогично поведению опытного тестировщика, который интуитивно усиливает перспективные атаки и бросает бесполезные направления, но в нашем случае стратегия формализована и выполняется машиной автоматически. В результате фуззинг становится целевым и обучаемым: с каждой итерацией он всё лучше подстраивается под конкретное приложение.

Результаты

Поскольку предложенный метод носит теоретический характер, его практическая реализация и количественная оценка эффективности находятся за рамками данной работы. Тем не менее, проведён качественный сравнительный анализ относительно рассмотренных ранее решений, показывающий потенциальные преимущества адаптивного подхода.

Во-первых, новый метод решает главный недостаток Atropos – отсутствие обучаемой адаптивности. Вместо жёстко закодированных правил планирования, как в Atropos, здесь предусмотрен механизм машинного обучения, позволяющий системе накапливать опыт взаимодействия с приложением. Это даёт перспективу обнаруживать более сложные, ранее не учтённые сценарии уязвимостей, которые фиксированный алгоритм мог пропустить.

Во-вторых, по сравнению с подходом Pentest-Tools, предлагаемый метод интегрирует искусственный интеллект не только на этапе анализа результатов, но и в сам процесс тестирования. Иными словами, ИИ участвует в выборе действий в режиме реального времени, а не ограничивается фильтрацией готового списка найденных проблем. Это должно снизить число ложных срабатываний уже на этапе сканирования (не создавая лишних запросов, ведущих к заведомо ложным ответам), а также повысить общее покрытие логики приложения за счёт гибкого изменения стратегии.

В-третьих, относительно платформы CI Fuzz/Spark, наш подход делает акцент на стратегическом управлении фуззингом. Решение от Code Intelligence предлагает генерацию множества входных данных с помощью ИИ, однако что делать с этими данными и как направлять процесс поиска уязвимостей остаётся за традиционным движком. В адаптивном же методе интеллектуальный модуль непосредственно руководит ходом исследования, принимая решения о приоритизации тестов и углублении по результатам предыдущих шагов. Это качественно другой уровень автономности, потенциально позволяющий находить более глубокие логические уязвимости, требующие

последовательности обусловленных действий (чего нельзя добиться просто генерацией отдельных тестовых запросов вне контекста).

Суммарно, предлагаемый подход обеспечивает: более полное покрытие функционала и состояний веб-приложения за счёт динамически изменяемого краулинга; снижение количества ложных позитивных срабатываний благодаря интеллектуальному фильтру и адаптивному принятию решений; а также более глубокий и целенаправленный поиск сложных уязвимостей, труднодостижимых для традиционных сканеров. Ожидается, что интеграция таких адаптивных механизмов в DAST-системы нового поколения позволит значительно повысить эффективность автоматизированного поиска уязвимостей в веб-приложениях.

Заключение

В рамках работы проведён анализ современных методов динамического анализа и фуззинг-тестирования веб-приложений, который выявил отсутствие полноценной адаптивности в существующих решениях. Ни один из изученных инструментов не объединяет в себе непрерывный цикл «обучения на лету», когда ответы приложения тут же влияют на дальнейшие действия сканера. Это свидетельствует о наличии серьезного пробела в области средств автоматизированного тестирования безопасности.

На этой основе предложен теоретический адаптивный метод динамического сканирования, сочетающий традиционный DAST-подход с фуззингом и элементами искусственного интеллекта. Метод формирует единый итеративный цикл исследования, где каждое последующее действие зависит от результатов предыдущего, а стратегия постоянно корректируется самообучающимся алгоритмом. Включение модуля ML-классификации и механизмов адаптивного планирования отличает данный подход от классических сканеров, приближая его к поведению человеческого эксперта.

Предложенный подход, будучи реализован в будущем, может стать перспективным направлением развития интеллектуальных DAST-систем. Он способен повысить глубину и эффективность выявления уязвимостей в современных сложных веб-приложениях, снизив при этом нагрузку на специалистов по безопасности. Дальнейшие исследования в этом направлении видятся крайне востребованными, учитывая рост сложности веб-технологий и неизменную актуальность проблем веб-безопасности.

Список литературы

1. Аналитические отчеты - Аналитика безопасности в деталях // infowatch URL: https://www.infowatch.ru/analytics/analitika (дата обращения: 25.10.2025).

2. Atropos: Effective Fuzzing of Web Applications for Server-Side Vulnerabilities // usenix URL: https://www.usenix.org/system/files/sec23winter-prepub-167-guler.pdf (дата обращения: 27.10.2025).

3. Web fuzzing FPs by 50% using Machine Learning // pentest-tools URL: https://pentest-tools.com/blog/web-fuzzing-machine-learning (дата обращения: 01.11.2025).

4. CI Fuzz – AI-automated fuzz testing solution // code-intelligence URL: https://www.code-intelligence.com/product-ci-fuzz (дата обращения: 08.11.2025).

УДК 351.72

ЦИФРОВЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ РИСК-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА В ГОСУДАРСТВЕННОМ ФИНАНСОВОМ КОНТРОЛЕ

Г.Л. Асатрян [1, a)]
[1] ФГОБУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации», Москва, Российская Федерация
E-mail: [a)] asatryan01@internet.ru

Научный руководитель: Н.Н. Зновьюк, старший преподаватель

Аннотация: В работе исследуется внедрение риск-ориентированного подхода и цифровых технологий в систему внутреннего государственного финансового контроля, осуществляемого Федеральным казначейством. Анализируются нормативная база, практические механизмы и результаты внедрения цифровых технологий в контрольной деятельности.
Ключевые слова: государственный финансовый контроль, Федеральное казначейство, риск-ориентированный подход, контрольные мероприятия, цифровые инструменты, информационные системы.

DIGITAL TOOLS FOR IMPLEMENTING A RISK-BASED APPROACH IN STATE FINANCIAL CONTROL

G.L. Asatryan [1, a)],
[1] Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation
E-mail: [a)] asatryan01@internet.ru

Scientific supervisor: N.N. Znovyuk, senior teacher

Abstract: The paper examines the role introduction of a risk-based approach and digital technologies into the system of internal state financial control carrier out by the Federal Treasury. The regulatory framework, practical mechanisms and results of the introduction of digital technologies in control activities are analyzed.
Keywords: government financial control, Federal treasury, risk-based approach, controls, digital tools, information systems

Введение

Трансформация государственного финансового контроля в условиях цифровизации экономики является одной из наиболее актуальных задач современного государственного управления в Российской Федерации. Согласно Постановлению Правительства Российской Федерации от 1 декабря 2004 г. № 703 «О Федеральном казначействе», на данный орган возложены функции по осуществлению полномочий по внутреннему государственному финансовому контролю [1].

Федеральное казначейство, будучи оператором ключевых государственных информационных систем, обладает уникальной технологической инфраструктурой, позволяющей не только эффективно выполнять контрольные функции, но и внедрять передовые походы, основанные на риск-ориентированном подходе и современных цифровых инструментах. Современный этап развития контроля характеризуется переходом от традиционных выездных контрольных мероприятий к системе превентивного контроля, основанного на непрерывном мониторинге и анализе рисков потенциальных объектов контроля. Эта трансформация стала возможна благодаря масштабной цифровизации казначейских процессов и внедрения информационно-аналитических систем, позволяющим анализировать огромные массивы данных о бюджетных операциях.

Основная часть

Методологической основой для практической реализации риск-ориентированного подхода при планировании контрольных мероприятий является Постановление Правительства Российской Федерации от 27 февраля 2020 г. № 208 «Об утверждении федерального стандарта внутреннего государственного (муниципального) финансового контроля «Планирование проверок, ревизий и обследований», где под риском понимается «степень возможности наступления события, негативно влияющего на деятельность объекта контроля в финансово-бюджетной сфере и результаты указанной деятельности, а также на законность, эффективность и целевой характер использования средств бюджета (средств, полученных из бюджета) [2].

Согласно Федеральному стандарту, при планировании контрольных мероприятий используются два основных критерия «вероятность допущения нарушения» (критерий «вероятность») и «существенность последствий нарушений» (критерий «существенность»). Для каждого из этих критериев стандарт устанавливает перечень информации, которая должна использоваться при определении из значений (табл. 1).

Данная система позволяет существенно оптимизировать процесс планирования контрольных мероприятий за счёт концентрации ресурсов на объекты контроля, в которых вероятность нарушений и их потенциальные последствия наиболее значительны.

Таблица 1. Критерии оценки рисков в государственном финансовом контроле. Составлено автором на основе [2]

Критерий «Вероятность»	Критерий «Существенность»
Показатели качества финансового менеджмента	Объёмы финансового обеспечения деятельности объекта контроля
Наличие значительных изменений в деятельности объекта контроля	Значимость мероприятий (мер государственной поддержки)
Наличие нарушений, выявленных по результатам ранее проведённых контрольных мероприятий	Величина объёма принятых обязательств объекта контроля
Полнота исполнения объектом контроля представлений и предписаний	Осуществление объектом контроля закупок товаров, работ, услуг
Наличие обращений (жалоб) граждан и юридических лиц	

Цифровая трансформация деятельности Федерального казначейства привела к формированию обширного спектра цифровых инструментов, позволяющих эффективно реализовывать риск-ориентированный подход на всех этапах контрольных мероприятий.

Ключевую роль в этом направлении играет Государственная интегрированная информационная система управления общественными финансами «Электронный бюджет» и другие компоненты ИТ-инфраструктуры Казначейства России. Эти системы представляют из себя сложные аналитические платформы, позволяющие отслеживать движение средств бюджета от момента их выделения и вплоть до конечного результата использования.

Технологические возможности этих систем позволяют Федеральному казначейству решать следующие задачи в области риск-ориентированного контроля:

– автоматизированный сбор и обработку данных о финансовых операциях получателей бюджетных средств;

– формирование риск-профилей объектов контроля на основе анализа их финансовой деятельности;

– прогнозное моделирование потенциальных нарушений у объекта контроля с применением ретроспективного анализа данных;

– ранжирование объектов контроля на основе присвоенного уровня риска;

– оптимизация формирования плана контрольных мероприятий с учётом риск-критериев.

Внедрение цифровых инструментов реализации риск-ориентированного подхода в деятельности Федерального казначейства уже сейчас позволяет достичь значительные положительные эффекты. Так, например, использование риск-ориентированного подхода с применением цифровых инструментов при осуществлении казначейского сопровождения государственных контрактов позволило увеличить эффективность контроля за целевым использованием

бюджетных средств исполнения контракта. На этапе планирования закупки Казначейство контролирует соответствие объёмам финансового обеспечения, а на этапе оплаты осуществляет оперативное взаимодействие с иными контрольными органами для проверки контрагентов и, в случае подозрений, может автоматически заблокировать подозрительные операции, предотвратив тем самым нецелевое использование средств бюджета.

Несмотря на очевидные преимущества, процесс интеграции цифровых инструментов при осуществлении государственного финансового контроля сопряжён с рядом проблем, такими как:

– Технологические и инфраструктурные барьеры. Недостаточная зрелость ИТ-инфраструктуры, особенно в территориальных органах, для обработки больших массивов данных в реальном времени. Проблемы совместимости новых цифровых платформ с устаревшими системами других ведомств, ввиду чего создаётся информационный разрыв и снижается эффективность межведомственного взаимодействия;

– Кадровый дефицит. Внедрение сложных, современных аналитических инструментов на сегодняшний день требует от сотрудников организаций не только знаний в области финансов и права, но знаний в области анализа больших данных и работы с алгоритмами. В данном случае может возникнуть сопротивление со стороны персонала к новым методам работы;

– Кибербезопасность. Централизация данных и перевод контрольных процессов в цифровую среду создаёт угрозы потенциальных кибератак. Защита конфиденциальности информации от утечек и несанкционированного доступа становится критически важной и требующей значительных инвестиций;

– Методологические и алгоритмические риски. Является одной из главных проблем внедрения цифровых инструментов анализа данных, так как получение программой неполных или недостоверных данных может привести к некорректной оценке рисков и ошибочным выводам. С другой стороны, чрезмерное доверие со стороны контролёров к результатам анализа информационной системы может также приводить к системным ошибкам, ввиду частого искажения алгоритмическими моделями входных данных;

– Правовые и этические. Использование цифровых инструментов (в том числе с применением искусственного интеллекта) требует чёткой правовой регламентации. Наиболее актуальным в данном случае выступает вопрос ответственного лица в случае принятия искусственным интеллектом ошибочных решений.

Результаты

Проведенное исследование позволяет с уверенностью утверждать, что внедрение цифровых инструментов при реализации риск-ориентированного подхода в государственном финансовом контроле представляет из себя объективный и неоспоримо важный процесс. Это обусловлено постоянным ростом объёмов обрабатываемой информации, усложнением финансовых отношений и необходимостью повышения эффективности использования

бюджетных средств. Цифровизации процессов планирования и проведения контрольных мероприятий позволит перераспределить ограниченные ресурсы государства на наиболее рискоёмкие объекты контроля, оптимизировав при этом расходы бюджета и снизив административную нагрузку с добросовестных участников бюджетного процесса.

Заключение

В современной цифровой экономике создание и функционирование цифровых инструментов в самом органе финансового контроля и работающее межведомственное взаимодействие позволит создать современную эффективную систему государственного финансового контроля, соответствующая внешним вызовам и задачам национального развития Российской Федерации.

Список литературы

1. Постановление Правительства Российской Федерации от 01.12.2004 г. № 703 «О Федеральном казначействе».

2. Постановление Правительства Российской Федерации от 27.02.2020 г. № 208 «Об утверждении федерального стандарта внутреннего государственного (муниципального) финансового контроля «Планирование проверок, ревизий и обследований».

УДК 330.341.1:004.77

ЦИФРОВЫЕ ПЛАТФОРМЫ КАК КВАЗИ-ИНСТИТУТЫ ИННОВАЦИОННОЙ ПОЛИТИКИ В УСЛОВИЯХ ПЛАТФОРМЕННОЙ ЭКОНОМИКИ

А.Р. Щетинина, аспирант [1, a)]

[1] Экономический факультет, МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Российская Федерация

E-mail: [a)] shchetininanastasia@mail.ru

Аннотация: В статье рассматривается трансформация роли цифровых платформ в национальных инновационных экосистемах в условиях платформенной экономики. Обосновывается тезис о том, что цифровые платформы в современных экономических системах выполняют квази-институциональные функции, традиционно относимые к сфере государственной инновационной политики. Показано, что существующие теоретические модели инновационного развития, включая модели тройной и четверной спирали, не в полной мере учитывают платформенно-опосредованные механизмы координации инноваций. На основе

институционального анализа и кейс-рассмотрения практик цифровых платформ Китая выявлены ключевые функции платформенного управления инновациями и обозначены ограничения традиционных макроиндикаторов оценки инновационного развития, в том числе Глобального инновационного индекса, в условиях цифровой трансформации экономики.
Ключевые слова: цифровые платформы; инновационная политика; институциональный анализ; платформенная экономика; инновационные экосистемы; четверная спираль; Китай.

DIGITAL PLATFORMS AS QUASI-INSTITUTIONS OF INNOVATION POLICY IN THE PLATFORM ECONOMY

A.R. Shchetinina [1, a)]
[1] Faculty of Economics, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia
E-mail: [a)] shchetininanastasia@mail.ru

Abstract: The article examines the transformation of the role of digital platforms in national innovation ecosystems under the conditions of the platform economy. It substantiates the argument that digital platforms perform quasi-institutional functions traditionally associated with state innovation policy. It is shown that existing theoretical models of innovation development, including the Triple Helix and Quadruple Helix frameworks, do not fully capture platform-mediated mechanisms of innovation coordination. Based on institutional analysis and case studies of Chinese digital platforms, the paper identifies key functions of platform-based innovation governance and highlights the limitations of traditional macro-level innovation indicators, including the Global Innovation Index, in the context of digital economic transformation.
Keywords: digital platforms, innovation policy, institutional analysis, platform economy, innovation ecosystems, quadruple helix, China.

Введение

Актуальность исследования обусловлена трансформацией механизмов формирования и реализации инновационной политики в условиях цифровой экономики и платформенной организации рынков. В последние годы цифровые платформы перестают выполнять исключительно инфраструктурную функцию и становятся ключевыми элементами национальных инновационных экосистем, аккумулируя данные, технологии и участников инновационного процесса [1, 2]. Развитие экономики данных и экосистемных бизнес-моделей приводит к изменению традиционного распределения функций между государством, бизнесом и научно-образовательным сектором.

В существующих теоретических подходах цифровые платформы, как правило, рассматриваются как технологическая база или рыночный механизм коммерциализации инноваций [3, 4]. Подобная трактовка не отражает фактическое расширение их функций, включая формирование правил доступа к

данным и технологиям, стандартизацию инновационных процессов, селекцию и масштабирование инноваций [5]. Это свидетельствует о наличии методологического разрыва между реальными процессами инновационного развития и их концептуальным описанием.

Классические модели инновационного развития — модель тройной спирали и модель четверной спирали — фокусируются на взаимодействии государства, бизнеса, науки и общества как ключевых акторов инновационной системы [6, 7]. Однако в условиях платформенной экономики данные модели не учитывают институциональную трансформацию инновационной среды, в рамках которой цифровые платформы де-факто начинают выполнять функции координации и управления инновационной деятельностью, сопоставимые с функциями формальных институтов инновационной политики.

Особый интерес в данном контексте представляет опыт Китая, демонстрирующего ускоренное формирование платформенно-ориентированной инновационной модели. Крупнейшие китайские цифровые платформы интегрированы в реализацию стратегических приоритетов научно-технологического развития и обеспечивают координацию между государством, бизнесом и научным сектором [8, 9].

Объектом исследования являются национальные инновационные экосистемы в условиях цифровой трансформации экономики. Предметом исследования выступают институциональные функции цифровых платформ в системе формирования и реализации инновационной политики.

Целью исследования является теоретическое обоснование и институциональный анализ цифровых платформ как квази-институтов инновационной политики в условиях платформенной экономики. Для достижения цели в статье решаются следующие задачи: анализ теоретических подходов к исследованию инновационных экосистем; обоснование расширения институциональной роли цифровых платформ; определение ключевых квази-институциональных функций платформ; анализ китайского опыта как эмпирического примера институциональной трансформации инновационной политики.

Гипотеза исследования заключается в том, что цифровые платформы в условиях платформенной экономики выполняют квази-институциональные функции, частично замещая традиционные механизмы государственной инновационной политики.

Научная новизна исследования состоит в институциональном переосмыслении цифровых платформ как квази-институтов инновационной политики и расширении интерпретации модели четверной спирали с учётом платформенно-опосредованных механизмов управления инновациями.

Методология исследования базируется на институциональном и структурно-функциональном анализе, сравнительном анализе теоретических моделей инновационного развития и кейс-анализе практик цифровых платформ Китая.

Цифровые платформы как квази-институты инновационной политики

В классической институциональной теории институты рассматриваются как совокупность формальных и неформальных правил, обеспечивающих координацию экономической деятельности [10]. В инновационной политике данная функция традиционно принадлежит государственным институтам. Однако в условиях цифровой трансформации наблюдается смещение центра координации инновационных процессов в сторону цифровых платформ (рис. 1), формирующих собственные правила доступа к данным, технологиям и рынкам [3, 5].



Рис. 1. Цифровые платформы как квази-институты инновационной политики в модели четверной спирали

Цифровые платформы не обладают формальным институциональным статусом, однако фактически выполняют институциональные роли за счёт контроля над цифровой инфраструктурой, алгоритмами и экосистемными стандартами. В результате формируется частный порядок регулирования инновационной деятельности, сопоставимый по значимости с традиционными инструментами инновационной политики [11].

В рамках исследования выделены четыре ключевые квази-институциональные функции цифровых платформ. Координационная функция выражается в согласовании взаимодействия бизнеса, науки и пользователей в рамках экосистем. Стандартизирующая функция реализуется через формирование технологических протоколов и требований к данным. Селективная функция проявляется в отборе инновационных решений, получающих доступ к экосистемным ресурсам. Масштабирующая функция обеспечивает быстрое распространение инноваций за счёт сетевых эффектов и цифровой инфраструктуры [12–14].

Совокупность данных функций позволяет рассматривать цифровые платформы как квази-институты инновационной политики и фиксирует трансформацию модели четверной спирали, в которой платформы выступают самостоятельным координационным узлом инновационной экосистемы [6, 7].

Китайский опыт платформенного управления инновациями

Китайская модель цифрового развития демонстрирует институциональную комплементарность между государством и цифровыми платформами. Крупнейшие платформы – Huawei, Alibaba, Tencent — интегрированы в реализацию стратегических приоритетов научно-технологического развития, участвуют в формировании технологических стандартов и развитии исследовательской инфраструктуры [15, 16].

Деятельность китайских платформ иллюстрирует реализацию всех ключевых квази-институциональных функций: координацию инновационных акторов, стандартизацию технологических решений, селекцию перспективных инноваций и их масштабирование на национальном и глобальном уровнях [11, 17]. В результате цифровые платформы становятся элементами институциональной архитектуры инновационной политики, несмотря на отсутствие формального закрепления данного статуса.

Заключение

Исследование показало, что в условиях платформенной экономики цифровые платформы выходят за рамки традиционного понимания как рыночных акторов и выполняют квази-институциональные функции инновационной политики. Это требует теоретического пересмотра существующих моделей инновационных экосистем и адаптации инструментов оценки инновационного развития.

Китайский опыт подтверждает, что платформенно-опосредованные механизмы управления инновациями способны повысить эффективность координации между государством, бизнесом и наукой. В то же время традиционные макроиндикаторы, включая Глобальный инновационный индекс, в условиях цифровой трансформации приобретают характер запаздывающих индикаторов и не отражают институциональные эффекты платформенного управления инновациями.

Список литературы

1. Лапидус Л.В. Онтогенез цифровой экономики и экономики данных: концепция «интеллектуальная гиперсвязанность в индустрии X.0» // Российский журнал менеджмента. – 2024. – №. 3. – С. 370-400.

2. Organisation for Economic Co-operation and Development. OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2023. – OECD, 2023.

3. Gawer A. Bridging differing perspectives on technological platforms: Toward an integrative framework //Research policy. – 2014. – Т. 43. – №. 7. – С. 1239-1249.

4. Evans D.S., Schmalensee R. Matchmakers: The new economics of multisided platforms. – Harvard Business Review Press, 2016.

5. Parker G.G., Van Alstyne M.W., Choudary S.P. Platform revolution: How networked markets are transforming the economy and how to make them work for you. – WW Norton & Company, 2016.

6. Etzkowitz H., Leydesdorff L. The dynamics of innovation: from National Systems and “Mode 2” to a Triple Helix of university–industry–government relations //Research policy. – 2000. – Т. 29. – №. 2. – С. 109-123.

7. Carayannis E.G., Campbell D.F.J. Mode 3 knowledge production in quadruple helix innovation systems: Quintuple Helix and social ecology //Encyclopedia of creativity, invention, innovation and entrepreneurship. – Springer, New York, NY, 2017. – С. 1-9.

8. Dutta S. et al. (ed.). Global Innovation Index 2023: Innovation in the face of uncertainty. – Wipo, 2023.

9. Dutta S. et al. (ed.). Global Innovation Index 2024: Unlocking the Promise of Social Entrepreneurship. – WIPO, 2024.

10. North D.C. Institutions, institutional change and economic performance. – Cambridge university press, 1990.

11. Williamson O. E. The new institutional economics: taking stock, looking ahead //Journal of economic literature. – 2000. – Т. 38. – №. 3. – С. 595-613.

12. OECD. Digital Economy Outlook 2020. — Paris: OECD Publishing, 2020.

13. Blind K. The economics of standards: theory, evidence, policy // The Economics of Standards. – Edward Elgar Publishing, 2004.

14. Kenney M., Zysman J. The rise of the platform economy // Issues in science and technology. – 2016. – Т. 32. – №. 3. – С. 61. State Council of the People’s Republic of China. Made in China 2025. – Beijing, 2015.

15. OECD. Innovation in China: Policy and Practice. — Paris: OECD Publishing, 2021.

16. Naughton B.J. The Chinese economy: Adaptation and growth. – MIT Press, 2018.

Секция 7

НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ И ИННОВАЦИИ В РАЗВИТИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ



Section 7

HIGH-TECH TECHNOLOGIES AND INNOVATIONS IN THE DEVELOPMENT OF INDUSTRIAL COMPLEXES

УДК 004.415.25

АВТОМАТИЗАЦИЯ ХРАНЕНИЯ, ОБРАБОТКИ И ВИЗУАЛИЗАЦИИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПЕРЕВОЗОК, РЕГИСТРИРУЕМЫХ БОРТОВЫМИ УСТРОЙСТВАМИ

П.М. Модонов, студент 2 курса магистратуры [1, a)]
[1] ФГАОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН», Москва, Российская Федерация
E-mail: [a)] platon.modonov@mail.ru

Научный руководитель: В.А. Чеканин, д-р техн. наук, доцент

Аннотация: в статье рассматривается задача обеспечения удобной работы с фактическими показателями осуществлённых железнодорожных перевозок в централизованном рабочем пространстве. Приводится описание существующего подхода к анализу сведений, фиксируемых бортовыми устройствами. Предлагается собственный инструмент для удобной наглядной обработки и визуализации параметров движения состава для последующего анализа и принятия решений по модернизации инфраструктуры.
Ключевые слова: разработка, автоматизация, цифровизация, визуализация данных, анализ данных, файловое хранилище, информационная система, веб-приложения.

AUTOMATION OF STORAGE, PROCESSING AND VISUALIZATION OF RAILWAY TRANSPORTATION INDICATORS REGISTERED BY ONBOARD UNITS

P.M. Modonov [1, a)]
[1] Moscow State University of Technology «STANKIN», Moscow, Russia
E-mail: [a)] platon.modonov@mail.ru

Scientific supervisor: V.A. Chekanin, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

Abstract: the article discusses the problem of ensuring convenient work with actual performance indicators of completed rail transportation in a centralized workspace. Existing approach to analyzing data recorded by onboard devices is described. A new tool designed for convenient visual processing and visualization of train movement parameters for further analysis and decision-making on infrastructure modernization is proposed.
Keywords: development, automation, digitalization, data visualization, data analysis, file storage, information system, Web applications.

Введение

Вопрос развития железнодорожной отрасли является очень актуальным, поскольку железнодорожный транспорт играет важную роль в жизни современного человека. По железнодорожной сети осуществляется не только пассажирское движение, но и грузовая логистика, без которой нельзя обеспечить стабильную работу многих предприятий и отраслей в целом. О важности железнодорожного транспорта также говорит и регулярная модернизация и географическое расширение инфраструктуры.

Именно поэтому важно контролировать процессы выполнения поездок, ведь без должного надзора становится тяжелее обеспечить безопасность пассажирского движения, эффективность планирования и осуществления грузовых перевозок, что в свою очередь поставит под угрозу человеческое здоровье и потенциально сможет снизить прибыль грузоперевозчиков, предприятий и отрасли в целом.

Для выполнения контроля и фиксации параметров движения существует много средств. К таким средствам можно отнести комплексные локомотивные устройства безопасности – специальные устройства, записывающие широкий диапазон показателей на протяжении всей поездки [1]. Выходным результатом работы данных устройств являются кассеты регистрации и их цифровые расшифровки, передаваемые в виде компьютерных файлов. Кассеты регистрации являются усовершенствованной версией скоростемерных лент – бумажных лент, на которые записываются сведения о поездке. Зачастую эти термины используются в качестве синонимов. Однако работа с данными расшифровками остается преимущественно ручным, децентрализованным и изолированным процессом, требующим дополнительных манипуляций и систематизации для формулировки достоверных заключений, в связи с чем не исключены ошибки, возникающие из-за человеческого фактора.

Методы

Предлагается автоматизировать процесс хранения, обработки и визуализации с помощью механизмов, минимизирующих время и объем человеческого ввода данных в систему. Такой подход позволит сократить количество усилий и потенциальных ошибок и предоставит наглядный и готовый для анализа результат, что позволит использовать человеческие ресурсы более эффективно и оставит за ответственными сотрудниками непосредственно выявление неочевидных узких мест и принятие решения по их устранению, убрав необходимость в дополнительных итерациях по предобработке и структуризации данных. Для реализации такого инструментария была реализована информационная система, выполненная в виде веб-приложения.

Для понимания функциональных требований к системе следует ознакомиться с процессом анализа скоростемерных лент. Первое неудобство, с которым сталкивается технолог – отсутствие единого справочника, в котором находятся расшифровки скоростемерных лент. Весь анализ происходит в

рамках определенных задач и проектов, в связи с чем хранение данных ограничивается хранением локальных копий файлов, распределённых по нескольким сотрудникам. Следующим неудобством является настройка отображения файла скоростемерной ленты, выбор необходимых столбцов для визуализации (рис. 1) в инструментах аналитики, таких как Power BI от компании Microsoft. При отображении каждой поездки требуется заново указывать необходимые параметры, которые в силу специфики их занесения в ленту и устройства железнодорожной системы координат зачастую отображаются некорректно. Заключительным узким местом является возможность отобразить лишь данные, предоставленные в рамках скоростемерной ленты, когда для полноценного анализа необходимо также учитывать влияние объектов инфраструктуры, не фиксируемых бортовыми устройствами.

№	Время	Путь	Факт. скорость	Допуст. скорость	Светофор	Вид цели	Расст. до	Имя цели	Частота АЛСН	Режим	Пробег	Давление ТМ	Давление ТЦ	Тифон	Свисток
8641	05.06.2024 19:37:56	2	44 км/ч	68 км/ч	зелёный (АЛСН)	светофор	162	6+УКСПС	50 (Э)	Поездной	10628	0,482 МПа	0,000 МПа	выкл	выкл
8642	05.06.2024 19:37:57	2	44 км/ч	68 км/ч	зелёный (АЛСН)	светофор	149	6+УКСПС	50 (Э)	Поездной	10643	0,482 МПа	0,000 МПа	выкл	выкл
8643	05.06.2024 19:37:58	2	45 км/ч	68 км/ч	зелёный (АЛСН)	светофор	136	6+УКСПС	50 (Э)	Поездной	10654	0,482 МПа	0,000 МПа	выкл	выкл
8644	05.06.2024 19:37:59	2	45 км/ч	68 км/ч	зелёный (АЛСН)	светофор	124	6+УКСПС	50 (Э)	Поездной	10666	0,482 МПа	0,000 МПа	выкл	выкл
8645	05.06.2024 19:38:00	2	45 км/ч	68 км/ч	зелёный (АЛСН)	светофор	111	6+УКСПС	50 (Э)	Поездной	10678	0,482 МПа	0,000 МПа	выкл	выкл
8646	05.06.2024 19:38:01	2	45 км/ч	68 км/ч	зелёный (АЛСН)	светофор	99	6+УКСПС	50 (Э)	Поездной	10691	0,482 МПа	0,000 МПа	выкл	выкл
8647	05.06.2024 19:38:02	2	45 км/ч	68 км/ч	зелёный (АЛСН)	светофор	93	6+УКСПС	50 (Э)	Поездной	10702	0,482 МПа	0,000 МПа	выкл	выкл
8648	05.06.2024 19:38:03	2	45 км/ч	68 км/ч	зелёный (АЛСН)	светофор	80	6+УКСПС	50 (Э)	Поездной	10714	0,482 МПа	0,000 МПа	выкл	выкл
8649	05.06.2024 19:38:04	2	45 км/ч	68 км/ч	зелёный (АЛСН)	светофор	69	6+УКСПС	50 (Э)	Поездной	10729	0,482 МПа	0,000 МПа	выкл	выкл
8650	05.06.2024 19:38:05	2	45 км/ч	68 км/ч	зелёный (АЛСН)	светофор	50	6+УКСПС	50 (Э)	Поездной	10740	0,482 МПа	0,000 МПа	выкл	выкл
8651	05.06.2024 19:38:06	2	45 км/ч	68 км/ч	зелёный (АЛСН)	светофор	38	6+УКСПС	50 (Э)	Поездной	10754	0,482 МПа	0,000 МПа	выкл	выкл
8652	05.06.2024 19:38:07	2	45 км/ч	68 км/ч	зелёный (АЛСН)	светофор	24	6+УКСПС	50 (Э)	Поездной	10763	0,482 МПа	0,000 МПа	выкл	выкл
8653	05.06.2024 19:38:08	2	45 км/ч	68 км/ч	зелёный (АЛСН)	светофор	11	6+УКСПС	50 (Э)	Поездной	10777	0,482 МПа	0,000 МПа	выкл	выкл
8654	05.06.2024 19:38:09	2	45 км/ч	68 км/ч	зелёный (АЛСН)	светофор	761	6+УКСПС	50 (Э)	Поездной	10789	0,482 МПа	0,000 МПа	выкл	выкл
8655	05.06.2024 19:38:10	2	45 км/ч	68 км/ч	зелёный (АЛСН)	светофор	748	4	50 (Э)	Поездной	10801	0,482 МПа	0,000 МПа	выкл	выкл
8656	05.06.2024 19:38:11	2	45 км/ч	68 км/ч	зелёный (АЛСН)	светофор	736	4	50 (Э)	Поездной	10814	0,482 МПа	0,000 МПа	выкл	выкл
8657	05.06.2024 19:38:12	2	45 км/ч	68 км/ч	зелёный (АЛСН)	светофор	723	4	50 (Э)	Поездной	10825	0,482 МПа	0,000 МПа	выкл	выкл

Рис. 1. Базовая структура фиксируемых локомотивными устройствами данных

Результаты

Разработанное средство учитывает все описанные выше недостатки и устраняет их. Для лучшего понимания принципа работы нового инструмента следует погрузиться в сценарий работы с сервисом.

Как и многие веб-приложения, разработанное средство разделено на клиентскую и серверную части [2]. На клиенте происходит всё пользовательское взаимодействие (загрузка, назначение ключевых показателей, выбор для отображения), на сервере – вся обработка и бизнес-логика (хранение физических файлов в серверном хранилище, парсинг скоростемерных лент и занесение параметров и метаданных поездки в базу данных, определение географической принадлежности и подготовка данных для визуализации). Авторизованный пользователь имеет возможность просмотреть занесённые ранее скоростемерные ленты, в том числе загруженные другими

пользователями, а также загрузить новый документ. На этапе загрузки пользователь заносит дополнительные поля, например, имя машиниста, серию локомотива, депо приписки бригады и другие сведения, с помощью которых упрощается дальнейшая фильтрация и навигация по имеющимся данным. После успешной отправки файла на сервер происходит дальнейшая обработка файла – парсинг и занесение лент в базы данных для дальнейшей аналитики, автоматическое определение маршрута поездки и прочих ключевых свойств, которые заносятся в отдельное хранилище метаданных для глобального поиска, сохранение в файловую систему сервера. Добавленный файл можно отобразить на графической панели (рис. 2). При выборе файла для отображения происходит обращение к актуальным данным железнодорожной инфраструктуры для достоверной визуализации. Данные инфраструктуры объединяются с показателями скоростемерной ленты и проходят этап обработки для оптимизированной и отзывчивой визуализации и отправляются на клиентскую часть, где пользователь может просмотреть хронологию поездки в интерактивном режиме.

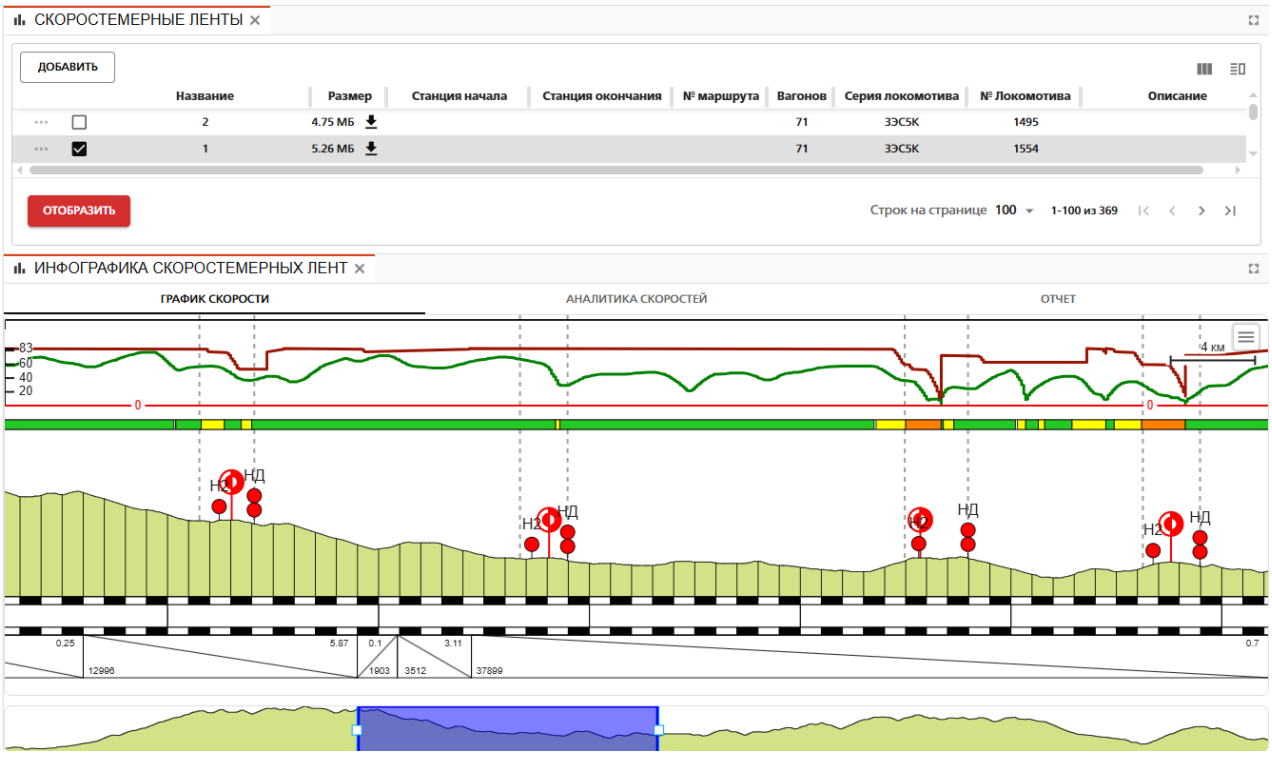


Рис. 2. Окна хранилища и инфографики скоростемерных лент

Заключение

Контроль и анализ качества выполнения железнодорожных перевозок играет важную роль при принятии решений по планированию модернизации инфраструктуры и организации транспортных потоков. Удобные наглядные инструменты, позволяющие оперативно отследить взаимосвязь определенных шаблонов движения машинистов на определенных участках с различными условиями и оценить влияние внешних факторов, востребованы в отрасли и

позволяют сократить время и затраты, необходимые на диагностику неисправностей, а также повысить достоверность конечного результата. Разработанное средство способствует решению поставленных задач, сводя ручной ввод к минимуму за счёт автоматизации обработки данных.

Список литературы

1. Шубинский И.Б. Надежность, риски, безопасность систем управления на железнодорожном транспорте : монография / И.Б. Шубинский, Е.Н. Розенберг, А.В. Бочков. — Вологда : Инфра-Инженерия, 2024. — 416 с.

2. Лиманова Н.И. Анализ эффективности клиент-серверной архитектуры / Н.И. Лиманова, И.А. Селезнев // Бюллетень науки и практики. — 2022. — Т. 8, № 7. — С. 392–396.

УДК 004.415.25

АВТОМАТИЗАЦИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ТЯГОВЫХ РАСЧЁТОВ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ И РАЗРАБОТКА ИНСТРУМЕНТОВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ СОСТАВОВ И ПЛАНИРОВАНИИ ПОЕЗДОК

П.М. Модонов, студент 2 курса магистратуры [1, a)]
[1] ФГАОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН», Москва, Российская Федерация
E-mail: [a)] platon.modonov@mail.ru

Научный руководитель: В.А. Чеканин, д-р техн. наук, доцент

Аннотация: в статье рассматривается задача обеспечения автоматизированного выполнения тяговых расчётов подвижных составов в единой системе. Приводится принцип пользовательской работы в существующих системах для проведения имитационного моделирования. Предлагается собственный инструмент для анализа планируемых железнодорожных перевозок и удобного задания условий выполнения поездки для проведения экспериментов в условиях изменяемой инфраструктуры.

Ключевые слова: разработка, автоматизация, визуализация данных, анализ данных, имитационное моделирование, информационная система, веб-приложения.

AUTOMATION OF TRACTION CALCULATIONS IN RAILWAY TRANSPORT AND DEVELOPMENT OF TOOLS FOR CONDUCTING EXPERIMENTS IN THE FORMATION OF ROLLING STOCKS AND TRIP PLANNING

P.M. Modonov [1, a)]
[1] Moscow State University of Technology «STANKIN», Moscow, Russia
E-mail: [a)] platon.modonov@mail.ru

Scientific supervisor: V.A. Chekanin, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

Abstract: the article examines the problem of automated traction calculations for rolling stocks within a single system. It describes the user interface for existing simulation systems. A new tool designed for conveniently defining trip conditions for experiments in conditions of changing infrastructure is proposed.
Keywords: development, automation, data visualization, data analysis, simulation modeling, information system, Web applications.

Введение

Эффективность выполнения работы во многих отраслях, в том числе и в сфере железнодорожного транспорта, во многом зависит не только от персонала, который непосредственно решает определенные задачи, но и от того, насколько тщательно спланированы и организованы график выполнения работы и условия для её успешного завершения, а также от того, реализуем ли поставленный объём работ в определенных условиях. Железнодорожные перевозки не являются исключением – недостаточно иметь в штате необходимое количество машинистов и обслуживающих бригад, важно максимально эффективно организовать поток движения поездов, чтобы он двигался в соответствии с расписанием и эффективно использовал имеющиеся ресурсы для минимизации простоев, обеспечивая при этом безопасность поездок и возможность их реализации на определённых участках при заданных параметрах нагрузки.

Для соответствия указанным требованиям при организации движения поездов важно иметь инструменты, позволяющие оценить, возможно ли осуществление поездки при заданных условиях и спрогнозировать время в пути и объем затраченных ресурсов, учитывая при этом особенности рельефа местности и расположение объектов транспортной инфраструктуры по пути следования.

Иными словами, необходимо проводить эксперименты, имея возможность регулировать ключевые параметры поездки: участок движения, скорость движения, используемый локомотив, длину и массу состава и многие другие. Поставленную задачу решают инструменты имитационного моделирования, а

именно выполнение тяговых расчётов в случае железнодорожного транспорта [1] Они воспроизводят определенные условия поездки и показывают, каким образом в них будет выполняться движение. Существуют различные вариации подобных инструментов, однако в большинстве своем работа с ними сводится к большому объему пользовательского ввода, необходимости получения входных данных из различных структурных подразделений в определенном формате, а результаты экспериментов не воспроизводимы повторно ввиду отсутствия централизованного хранилища выполняемых расчётов.

Методы

Предлагается выполнить автоматизацию процессов хранения, выполнения и визуализации тяговых расчётов с помощью механизмов, сводящих к минимуму человеческое участие при вводе параметров расчётов, оставив за ним лишь указание ключевых показателей, которые может определить только человек. Это позволит сделать инструмент интуитивно понятным, снизит время на ввод параметров и предоставит удобный для человеческого восприятия результат, что сократит время, необходимое на проведение экспериментов в рамках имитационного моделирования, сделав процесс формирования подвижных составов и планирование поездок значительно проще. Для реализации средства, описанного выше, было разработано программное обеспечение, выполненное в формате веб-приложения, независимого от операционной системы, используемой пользователем.

Неудобство существующих решений заключается в том, что весь функционал привязан к устанавливаемому программному обеспечению, в котором процесс моделирования выполняется в течение открытого сеанса, что означает, что для повторного моделирования в условиях обновленной инфраструктуры весь процесс задания входных параметров следует проделать заново, а со временем полученные результаты перестанут быть достоверными в силу изменения расположения объектов транспортной сети. В связи с эти также отсутствует возможность оперативно поделиться результатами моделирования с участниками экспертной команды. Для устранения описанных узких мест важно разработать инструмент, позволяющий оперативно обращаться к актуальным данным для проведения расчёта, заполнять только основные входные параметры и автоматизировать предобработку данных из смежных подсистем, систематизировать и организовать расчёты в едином разделе аналитической системы.

Результаты

Разработанный инструмент соответствует описанным критериям, выполняет задачу имитационного моделирования и обеспечивает удобство пользования. Для демонстрации возможностей нового средства будет рассмотрен основной сценарий пользовательского взаимодействия.

Архитектура приложения разделена на две основные составляющие – сервер и клиент веб-приложения, что обеспечивает наибольшую независимость от платформы [2]. На сервере происходит обращение к данным объектов инфраструктуры, их предобработка для передачи в алгоритм расчётов, валидация входных параметров, обработка ошибок, и непосредственно тяговые расчёты, на клиенте - задание условий, в которых выполняется моделирование. Основными параметрами расчётов являются участок выполнения движения и формирование подвижного состава, задаваемые в отдельных разделах сервиса (рис. 1).

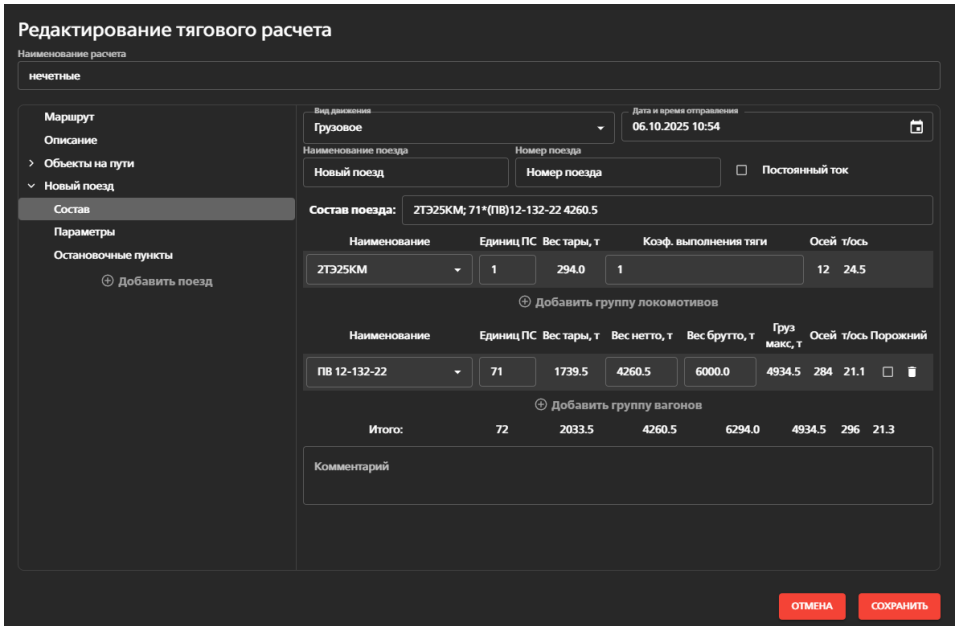


Рис. 1. Окно задания параметров локомотива и загрузки состава

После задания всех необходимых параметров тяговый расчёт сохраняется на серверном хранилище и становится доступен для повторного проведения экспериментов другими пользователями. Выбрав необходимый расчёт, можно запустить процесс моделирования и визуально отобразить основные характеристики поездки, включая максимальную допустимую скорость в каждой точке маршрута, фактическую скорость движения локомотива по заданным параметрам состава и время, необходимое на то, чтобы преодолеть указанный отрезок пути (рис. 2).

Заключение

Инструменты имитационного моделирования позволяют в значительной мере сократить время и ресурсы, необходимые на выработку оптимального расписания движения и формирование подвижного состава. Такие средства позволяют смоделировать движение при различных условиях, позволяя спрогнозировать влияние внешних факторов, и способствуют принятию решений по расширению и модернизации существующей инфраструктуры без необходимости основываться на эмпирических наблюдениях, поэтому важно

обеспечивать удобство их использования. Для достижения поставленных задач было реализовано собственное средство, позволяющее моделировать условия поездки и ликвидирующее недостатки существующих решений за счет высокого уровня автоматизации.



Рис. 2. Окна хранилища параметров тяговых расчётов и инфографики результатов моделирования

Список литературы

1. Сахаров П.А. Тяговые расчеты для участка железной дороги / П.А. Сахаров. — Гомель : БелГУТ, 2016. — 107 с.

2. Назаров С.В. Архитектуры и проектирование программных систем : монография / С.В. Назаров. — Москва : ИНФРА-М, 2013. — 413 с.

УДК 004.8:664

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ АГРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ

Д.Д. Олемской, магистрант [1, а)],
М.Ю. Ибатулин, старший преподаватель [1, б)]
[1] ФГАОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН», Москва, Российская Федерация
E-mail: [а)] olemskoi1901@gmail.com, [б)] uits_stankin@mail.ru

Аннотация: Статья посвящена применению интеллектуального анализа данных и методов машинного обучения для оптимизации агротехнологических процессов и контроля качества продукции. Рассматривается архитектура

системы, которая объединяет данные с полевых сенсоров, производственных линий и лабораторного контроля в единую витрину «партия–время». Описаны типы данных, используемые алгоритмы и сценарии применения: прогноз урожайности, управление ресурсами, автоматизированная сортировка и выявление дефектов. Показано, что интеграция моделей искусственного интеллекта в производственный контур позволяет повысить точность прогнозов, снизить долю брака и сделать управление агротехнологическими процессами более обоснованным и прозрачным.
Ключевые слова: интеллектуальный анализ данных, агротехнологические процессы, контроль качества, машинное обучение, компьютерное зрение.

INTELLIGENT DATA ANALYSIS FOR OPTIMIZING AGROTECHNOLOGICAL PROCESSES AND PRODUCT QUALITY CONTROL

D.D. Olemskoy [1, a)], **M.Yu. Ibatulin** [1, b)]
[1] Moscow State University of Technology «STANKIN», Moscow, Russia
E-mail: [a)] olemskoi1901@gmail.com, [b)] uits_stankin@mail.ru

Abstract: The paper focuses on the use of intelligent data analysis and machine learning methods to optimize agrotechnological processes and product quality control. The proposed system architecture integrates data from field sensors, production lines and laboratory control into a unified “batch–time” data view. The types of data, applied algorithms and main use cases are described, including yield prediction, resource management, automated sorting and defect detection. The integration of AI models into the production pipeline is shown to improve forecast accuracy, reduce defect rate and make the management of agrotechnological processes more transparent and data-driven.
Keywords: intelligent data analysis, agrotechnological processes, quality control, machine learning, computer vision.

Введение

Агропромышленный комплекс сталкивается с одновременным ростом требований к объемам производства и к стабильности качества продукции. Традиционные методы управления агротехнологическими процессами во многом опираются на опыт специалистов и усредненные нормативы. При этом современные хозяйства располагают большим количеством оперативной информации: данными полевых сенсоров, телеметрией оборудования, записями производственных параметров и результатами лабораторного контроля. Такой массив данных делает возможным применение методов интеллектуального анализа данных и искусственного интеллекта для перехода от интуитивного управления к управлению, основанному на фактах [1–3].

Интеллектуальный анализ данных позволяет выявлять скрытые зависимости между режимами технологических операций, состоянием сырья и показателями качества конечной продукции. В сочетании с алгоритмами машинного обучения и компьютерного зрения это создает основу для прогнозирования урожайности, раннего обнаружения отклонений и автоматизации контроля качества на всех этапах цепочки: от выращивания до переработки и упаковки [4, 6]. Важно не только разрабатывать модели искусственного интеллекта, но и интегрировать их в контур управления, чтобы результаты аналитики действительно влияли на процесс принятия решений.

В данной работе рассматривается подход к применению интеллектуального анализа данных для оптимизации агротехнологических процессов и контроля качества продукции. Описывается архитектура системы, типы данных, применяемые алгоритмы и сценарии внедрения аналитики в производственный контур.

Методы

В предлагаемом подходе задействованы три домена данных. Под доменом данных в работе понимается группа однородных источников информации, объединенных по происхождению и роли в технологическом процессе (например, полевые измерения, параметры переработки, контроль качества). Первый домен — полевые данные: показания датчиков температуры и влажности почвы, освещенности и осадков, телеметрия сельскохозяйственной техники. Второй домен — технологические параметры переработки: температуры, скорости, давление и другие величины, регистрируемые на производственных линиях. Третий домен — данные контроля качества: результаты лабораторных анализов, оценки органолептических свойств, изображения продукции на конвейере. Все данные записываются с временными метками и привязкой к партиям, что позволяет строить витрину «партия–время» и анализировать качество в динамике [4, 6, 7].

Для анализа временных рядов применяются методы регрессии и ансамблевые модели (случайный лес, градиентный бустинг), а также нейронные сети, способные учитывать динамику процессов. Они используются для прогноза урожайности, выхода годной продукции, энергозатрат и других показателей [4, 6]. Для выявления аномалий и предиктивного обслуживания оборудования применяются алгоритмы, чувствительные к необычному поведению сигналов: модели на основе изолированного леса, автоэнкодеров и one-class классификации. Такие модели позволяют фиксировать отклонения до момента выхода процесса за допустимые пределы, что уменьшает вероятность аварийных ситуаций и незапланированных простоев.

В задачах контроля качества используются модели компьютерного зрения. Изображения продукции, полученные с камер на сортировочных линиях, подаются на вход сверточным нейронным сетям, обученным различать норму и дефекты, а также классифицировать степень отклонения от требуемых стандартов [2, 3, 5].

Результаты

На основе описанного подхода сформирована концепция системы, включающей несколько ключевых модулей. Модуль мониторинга агротехнологических процессов отслеживает состояние посевов и параметры среды, отображая данные в виде дашбордов и карт полей. Это даёт возможность оценивать не только средние значения, но и пространственное распределение влаги, температуры и других показателей внутри участка. Модуль прогнозной аналитики использует исторические временные ряды для расчета ожидаемой урожайности и ключевых показателей эффективности по культурам, полям и периодам [4, 6].

Модуль контроля качества анализирует изображения продукции и сигналы с линий переработки, автоматически выявляя партии с повышенным риском брака. При интеграции такого модуля в сортировочное оборудование можно в режиме реального времени отсеивать экземпляры с визуальными дефектами или подозрительными признаками порчи. Модуль поддержки принятия решений формирует рекомендации по корректировке режимов работы оборудования и технологических операций: изменению уставок температур, скоростей, дозировок, а также по пересмотру графиков полива и внесения удобрений [2, 3, 5].

Для модуля контроля качества сформулирована постановка задачи автоматической классификации дефектов по изображениям с производственной линии и определен типовой контур применения (входной контроль партии, контроль на конвейере, отсев по признакам дефектов). Показано, что использование современных нейронных сетей позволяет выделять признаки визуальных отклонений и снижать влияние человеческого фактора при инспекции, обеспечивая более стабильную процедуру контроля.

При моделировании на тестовых данных, отражающих типичную структуру агропроизводства, применение интеллектуального анализа данных позволяет снизить ошибку прогноза урожайности по сравнению с простыми статистическими методами, а также увеличить долю своевременно выявленных отклонений качества. Даже частичное включение аналитики в контур управления дает эффект в виде снижения рисков и повышения прозрачности процессов для технологов и специалистов по качеству [4, 6].

Обсуждение

Полученные результаты показывают, что основное ограничение эффективности интеллектуальных моделей связано не столько с выбором конкретного алгоритма, сколько с качеством и полнотой исходных данных, а также с интеграцией аналитики в реальные бизнес-процессы. Для агропромышленных предприятий важно выстроить системный сбор данных, обеспечить единые идентификаторы партий и согласованные временные метки. Только в этом случае витрина «партия–время» будет достаточно информативной для построения надежных моделей и сопоставления прогнозов с фактическими результатами [1, 4].

Отдельного внимания требует вопрос интерпретируемости. Специалистам по качеству и технологам важно понимать, почему модель предлагает изменить тот или иной режим работы оборудования или агротехнологическую операцию. Поэтому перспективным направлением является использование методов объяснимого искусственного интеллекта, позволяющих визуализировать вклад отдельных факторов и признаков в итоговое решение модели. Это повышает доверие к системе и облегчает ее принятие на производстве [4, 7].

Также необходимо обеспечить адаптацию моделей к изменяющимся условиям. В аграрной сфере существенно влияют погодные факторы, изменчивость сырья и особенности конкретного хозяйства. Для поддержания актуальности модели нужно регулярно дообучать на новых данных, а процесс их валидации и обновления – регламентировать.

Заключение

В работе предложен подход к применению интеллектуального анализа данных для оптимизации агротехнологических процессов и контроля качества продукции. Сформулирована архитектура системы, объединяющей полевые сенсоры, производственные измерения и лабораторный контроль в единую информационную среду. Описаны основные типы данных и классы алгоритмов, используемых для прогнозирования показателей, выявления аномалий и автоматизации визуальной инспекции.

Проведенный анализ показал, что ключевым фактором успешного внедрения является не только создание моделей, но и их интеграция в контур управления: привязка результатов аналитики к конкретным действиям оператора или автоматизированным решениям. Научная и практическая значимость работы состоит в том, что предложенный набор модулей может служить основой для построения сквозной аналитики на реальном агропредприятии.

В совокупности предложенный набор модулей обеспечивает: (1) повышение точности прогнозирования ключевых показателей по сравнению с базовыми статистическими подходами; (2) более раннее выявление отклонений технологических параметров и рисков брака; (3) автоматизацию части операций контроля качества по изображениям; (4) повышение прозрачности процессов за счет витрины данных «партия-время» и поддержки принятия решений.

Дальнейшее развитие подхода связано с уточнением экспериментальной базы, подготовкой реальных датасетов и количественной оценкой эффекта от внедрения на конкретных производственных участках. Отдельным направлением может стать углубленная работа с данными качества продукции и разработка специальных индексов качества, корректно отражающих требования стандартов и ожидания потребителей.

Список литературы

1. Песоцкий В.А., Марков А.Н. Роль машинного обучения в улучшении качества питания // Материалы 60-й юбилейной научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР. Минск, 2024. С. 451–453.
2. Гамарник И.А. Использование механизмов искусственного интеллекта в пищевой промышленности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: портал CyberLeninka (дата обращения: 17.11.2025).
3. Михеев П.Н. Технологии искусственного интеллекта в пищевой промышленности // Научная статья по специальности «Прочие технологии» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: портал CyberLeninka (дата обращения: 17.11.2025).
4. Ikram A., Mehmood H., Arshad M.T. et al. Applications of artificial intelligence (AI) in managing food quality and ensuring global food security // CyTA – Journal of Food. 2024. Vol. 22, No. 1. Article 2393287.
5. Rojas Santelices I., Cano S., Moreira F., Peña Fritz Á. Artificial Vision Systems for Fruit Inspection and Classification: Systematic Literature Review // Sensors. 2025. Vol. 25, No. 5. Article 1524.
6. Pauzi N.A.M., Mustaza S.M., Zainal N. et al. Artificial Intelligence in Precision Agriculture: A Review // Jurnal Kejuruteraan. 2025. Vol. 37, No. 2. P. 1025–1047.
7. Цифровые технологии, безопасность пищевых продуктов и торговля: информационный доклад ФАО/ВОЗ. – Женева: ВОЗ, 2019.

УДК 67.02

ПРЕИМУЩЕСТВА ПРИМЕНЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ НАУКОЕМКОЙ ПРОДУКЦИИ

Э.Р. Жданов, канд. физ.-мат. наук[1, а)]
О.С. Харина, канд. экон. наук[1, б)]
Е.Ю. Козлов, студент [1, в)]
А.В. Кольцов, студент [1, г)]
В.Е. Петров, канд. техн. наук, доцент [2, д)]
[1] ФГБОУ ВО «РТУ «МИРЭА», Москва, Российская Федерация
[2] ФГАОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН», Москва, Российская Федерация
E-mail: [а)] zhdanov@ufanet.ru, [б)] olgakharina12@yandex.ru, [в)] kozlow_ewgeniy@mail.ru, [г)] mr.a.koltsov@gmail.com, [д)] cu58@mail.ru

Аннотация: рассматриваются преимущества использования технологии цифровых двойников в производстве наукоемкой продукции. Проведен анализ ключевых аспектов применения цифровых двойников на различных этапах жизненного цикла сложных технических систем. Особое внимание уделяется

практическим результатам внедрения данной технологии в условиях высокотехнологичных производств.

Ключевые слова: цифровой двойник, наукоемкая продукция, виртуальное моделирование, жизненный цикл продукции, производственные процессы.

ADVANTAGES OF USING DIGITAL TWINS IN THE PRODUCTION OF HIGH-TECH PRODUCTS

E.R. Zhdanov [1, a)], **O.S. Kharina** [1, b)], **E.Y. Kozlov** [1,c)],
A.V. Koltsov [1,d)], **V.E. Petrov** [2,e)]

[1] Russian Technological University «MIREA», Moscow, Russia
[2] Moscow State University of Technology «STANKIN»,
Moscow, Russia
E-mail: [a)] zhdanov@ufanet.ru, [b)] olgakharina12@yandex.ru,
[c)] kozlow_ewgeniy@mail.ru, [d)]mr.a.koltsov@gmail.com, [e)] cu58@mail.ru

Abstract: the advantages of using digital twin technology in the production of high-tech products are considered. The key aspects of the use of digital twins at various stages of the life cycle of complex technical systems are analyzed. Special attention is paid to the practical results of the implementation of this technology in high-tech industries.

Keywords: digital twin, high-tech products, virtual modeling, product lifecycle, production processes.

Введение

Современное производство наукоемкой продукции характеризуется повышенной сложностью технологических процессов, жесткими требованиями к точности и качеству, а также необходимостью сокращения сроков вывода изделий на рынок. В этих условиях традиционные подходы к проектированию и производству становятся недостаточно эффективными. Технология цифровых двойников предлагает принципиально новые возможности для оптимизации всего жизненного цикла сложных технических систем.

Основная часть.

Практическое применение цифровых двойников в производстве наукоемкой продукции охватывает все этапы жизненного цикла изделий - от проектирования до эксплуатации и утилизации. Особую значимость эта технология приобретает в условиях производства сложных технических систем, где требования к точности, надежности и соответствию заданным характеристикам исключительно высоки, при этом сама функциональность цифрового двойника зависит от стадии жизненного цикла изделия [1].

На этапе проектирования цифровые двойники позволяют создавать виртуальные прототипы сложных технических систем, проводить их

всесторонние испытания в различных условиях эксплуатации и оптимизировать конструктивные решения до начала физического производства. Для изделий авиационно-космической техники, например, цифровые двойники позволяют моделировать аэродинамические характеристики, тепловые режимы работы и прочностные свойства конструкций. Концепция цифровых двойников способна существенно сократить множественные издержки предприятий уже на начальном этапе создания новых образцов сложных изделий [2].

В медицинском приборостроении цифровые двойники используются для моделирования работы сложного диагностического и терапевтического оборудования. Это позволяет оптимизировать конструкцию аппаратов, проверить их взаимодействие с биологическими тканями и гарантировать безопасность эксплуатации до начала серийного производства. Особенно важным это становится при создании изделий, требующих индивидуальной подгонки под конкретного пациента, таких как протезы или имплантаты. Фармацевтические компании используют цифровых двойников для изучения побочных действий различных лекарственных средств, что может повысить безопасность отдельных лекарств и их комбинаций [3].

Цифровые двойники позволяют проводить многовариантные расчеты, что значительно расширяет возможности инженеров-конструкторов. При проектировании энергетического оборудования возможно моделировать различные режимы работы, анализировать распределение нагрузок и тепловые поля, прогнозировать износ деталей и узлов.

На этапе технологической подготовки цифровые двойники производственных процессов позволяют оптимизировать выбор оборудования, разработать эффективные технологические маршруты и спрогнозировать качество будущих изделий. Для наукоемких производств, где требования к точности обработки измеряются микронами, а допуски исчисляются долями процента, такая возможность имеет важное значение. Цифровые двойники позволяют моделировать работу автоматизированных производственных линий, выявлять потенциальные узкие места и оптимизировать параметры обработки для конкретных материалов и конструкций, что необходимо при работе с новыми материалами, такими как композиты или специальные сплавы, где традиционные методы настройки оборудования могут быть недостаточно эффективными.

Внедрение цифровых двойников на этапе технологической подготовки позволяет значительно сократить время переналадки оборудования при переходе на выпуск новых модификаций изделий. Для наукоемких производств, характеризующихся малыми сериями и высокой номенклатурной сложностью, это преимущество становится одним из факторов конкурентоспособности.

В производственной фазе цифровые двойники обеспечивают непрерывный мониторинг и оптимизацию технологических процессов в режиме реального времени [4]. Системы на основе цифровых двойников позволяют сравнивать текущие параметры производства с эталонными значениями, прогнозировать отклонения и своевременно вносить корректировки в производственный

процесс. Для наукоемкой продукции, где каждый производственный цикл может занимать несколько недель или месяцев, возможность прогнозирования и предотвращения брака на ранних стадиях имеет значительное экономическое значение. Цифровые двойники позволяют моделировать влияние различных факторов на качество продукции и разрабатывать превентивные меры для обеспечения стабильности характеристик.

Цифровые двойники эксплуатационных процессов позволяют моделировать различные сценарии работы оборудования, анализировать влияние внешних факторов и разрабатывать оптимальные стратегии технического обслуживания. В случае возникновения нештатных ситуаций цифровые двойники позволяют провести виртуальное расследование причин отказа, проанализировать возможные последствия и разработать оптимальные меры по восстановлению работоспособности оборудования, что сокращает время простоя и снижает риски для персонала.

Сочетание цифровых двойников с искусственным интеллектом позволяет создавать самообучающиеся модели, способные адаптироваться к изменяющимся условиям и постоянно совершенствовать свои прогностические способности, а интеграция с промышленным интернетом вещей (IoT) обеспечивает непрерывный поток данных от физических объектов к их цифровым двойникам, что позволяет поддерживать актуальность моделей и обеспечивать высокую точность прогнозов.

Заключение

Анализ возможностей технологии цифровых двойников демонстрирует ее стратегическую важность для современного производства наукоемкой продукции. Цифровые двойники становятся ключевым инструментом преодоления вызовов, связанных с возрастающей сложностью изделий, ужесточением требований к качеству и необходимостью сокращения сроков вывода продукции на рынок.

Преимущества применения цифровых двойников проявляются на всех этапах жизненного цикла изделий – от первоначального проектирования до эксплуатации и технического обслуживания. Особую значимость эта технология приобретает в условиях мелкосерийного и индивидуального производства, где традиционные подходы могут оказаться недостаточно эффективными.

Работа выполнена за счёт средств Государственного задания №FSFZ-2025-0030.

Список литературы

1. ГОСТ Р 57700.37–2021 «Компьютерные модели и моделирование. Цифровые двойники изделий. Общие положения».

2. Шпак П.С., Сычева Е.Г. Экономические ориентиры и перспективы развития концепции цифровых двойников в авиационной отрасли России // вестник ОМГУ. серия: экономика. 2024. № 4. url: https://cyberleninka.ru/article/n/ekonomicheskie-orientiry-i-perspektivy-razvitiya-kontseptsii-tsifrovyh-dvoynikov-v-aviatsionnoy-otrasli-rossii (дата обращения: 28.09.2025).

3. Кобякова О.С., Стародубов В.И., Куракова Н.Г., Цветкова Л.А. Цифровые двойники в здравоохранении: оценка технологических и практических перспектив // Вестник РАМН. 2021. № 5. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovye-dvoyniki-v-zdravoohranenii-otsenka-tehnologicheskih-i-prakticheskih-perspektiv (дата обращения: 28.09.2025).

4. Сосфенов Д.А. Цифровой двойник как инструмент оптимизации производственных процессов // Инновации и инвестиции. 2023. №5. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovoy-dvoynik-kak-instrument-optimizatsii-proizvodstvennyh-protsessov (дата обращения: 28.09.2025).

УДК 621.7

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА В ТЕХНОЛОГИИ РЕАЛИЗАЦИИ МАТЕРИАЛОВ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Э.Р. Жданов, канд. физ.-мат. наук[1, а)]
А.В. Волков, канд. тех. наук [1, б)]
А.В. Крюков, студент[1, в)]
В.Е. Петров, канд. техн. наук, доцент [2, г)]
[1]ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет», г. Москва
[2] ФГАОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН», Москва, Российская Федерация
E-mail: [а)]zhdanov@ufanet.ru, [б)]vol.1@mail.ru, [в)]minyyc@yandex.ru
[г)] cu58@mail.ru

Аннотация: Множество анализируемых цифровых двойников формируется посредством нейросетевого моделирования. Нейронные сети обучаются на сведениях о различных моделях изделий, для которых делается цифровой двойник. Цифровой двойник позволяет производить эффективное планирование производства для получения стратегического конкурентного преимущества. Рассмотрены понятия цифровых двойников, основанные на «стратегической целесообразности производства», то есть показателя целесообразности производства техники, обеспечивающего конкурентное преимущество в долгосрочной перспективе за счёт качественного изменения тактико-технических характеристик в разработанной конфигурации, учитывающий сложность обновления производства, ценовой фактор. Полученные в ходе

данного исследования результаты составляют его научную новизну. В работе проведен анализ применения цифрового двойника на стадии реализации изделий.
Ключевые слова: цифровой двойник, технология, машиностроение, тактико-технические характеристики, материал, стратегическая целесообразность.

THE USE OF A DIGITAL TWIN IN THE TECHNOLOGY OF MATERIALS IMPLEMENTATION IN MECHANICAL ENGINEERING

E.R. Zhdanov [1, a)], **A.V. Volkov** [1, b)], **A.V. Kryukov** [1, c)], **V.E. Petrov** [2, d)]
[1.]MIREA Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education, Moscow, Russian Federation
[2] Moscow State University of Technology «STANKIN», Moscow, Russia Federation
E-mail: [a)] zhdanov@ufanet.ru, [b)]vol.1@mail.ru, [c)]minyyc@yandex.ru, [e)] cu58@mail.ru

Abstract: A set of analyzed digital twins is formed through neural network modeling. Neural networks are trained on information about various models of products for which a digital twin is made. A digital twin enables efficient production planning to gain a strategic competitive advantage. The concepts of digital twins based on the "strategic feasibility of production" are considered, that is, the indicator of the expediency of the production of equipment that provides a competitive advantage in the long term due to a qualitative change in the tactical and technical characteristics in the developed configuration, taking into account the complexity of updating production, and the price factor. The results obtained in the course of this study constitute its scientific novelty. The paper analyzes the use of a digital twin at the stage of product sales.
Keywords: digital twin, technology, mechanical engineering, tactical and technical characteristics, material, strategic feasibility.

Введение

В условиях стремительного развития информационных технологий появилась возможность сбора, хранения, передачи и анализа большого количества данных, что привело к пересмотру стандартных подходов к управлению производственными процессами на различных предприятиях [3].

Во многих странах мира утверждены программы стратегического развития промышленности, направленные на внедрение современных наукоемких технологий, повышение производительности труда и рост экономической эффективности предприятий.

Основная часть

Подход, позволяющий объединить технологии автоматизации и описывающий процесс взаимодействия виртуального и производственного миров, получил название «Цифровой двойник» (Digital Twin, DT). В 2018 г. ведущая мировая исследовательская и консалтинговая компания Gartner (США) включила цифровые двойники в список десяти стратегически важных технологий [5]. В 2012 г. цифровой двойник был официально представлен общественности в «дорожной карте» моделирования, симуляции, информационных технологий и обработки, выпущенной NASA (National Aeronautics and Space Administration – Национальное управление по аэронавтике и исследованию космического пространства, США) [7]. Представители NASA определяют, что «цифровой двойник – это интегрированная мультифизическая, мультимаштабная, вероятностная симуляция транспортного средства или системы, которая использует лучшие доступные физические модели, обновления датчиков, историю эксплуатации» [6]. Цифровой двойник продукта – это виртуальная модель конкретного продукта, которая позволяет изготавливать изделия, удовлетворяющие большому числу параметров и ограничений, проводить виртуальные испытания и вносить изменения в конструкцию без необходимости изготовления реальных прототипов, что уменьшит производственные затраты при его выходе на рынок. Цифровой двойник процесса – это виртуальный производственный процесс, который позволяет создать различные сценарии изготовления продукта при различных условиях и параметрах и тем самым оптимизировать методику производства.

Цифровой двойник системы – это виртуальная модель всей системы, собирающая огромные объемы операционных данных, производимых устройствами и продуктами в системе, получают представление и создают новые возможности для оптимизации всех процессов.

Данный подход позволяет учесть на стадии проектирования значительно большее число характеристик будущего изделия, чем это возможно при традиционном подходе к конструированию. При этом производственные (лабораторные) испытания могут быть пройдены с первого раза, что значительно повышает экономическую эффективность процесса разработки уникальных и мелкосерийных изделий. В 2021 г. Росстандарт утвердил первый нормативный документ ГОСТ Р 57700.37-2021 «Компьютерные модели и моделирование. Цифровые двойники изделий. Общие положения» [2], который направлен на создание изделий с помощью технологии цифровых двойников, а не оцифровки производственной инфраструктуры и логистики. В данном стандарте определен термин «цифровой двойник изделия», под которым понимается система, состоящая из виртуальной цифровой модели изделия и двусторонних информационных связей с ним и (или) его составными частями. В свою очередь цифровая модель – это система математических и компьютерных моделей, а также электронных документов изделия, описывающая структуру, функциональность и поведение вновь

разрабатываемого или эксплуатируемого изделия на различных стадиях жизненного цикла, для которой на основании результатов цифровых и (или) иных испытаний по ГОСТ 16504-81 [1] выполнена оценка соответствия предъявляемым к изделию требованиям. Таким образом, данная модель анализирует информацию, поступающую из информационных систем компании, в автоматическом режиме выявляет проблемные точки, дает рекомендации по планированию работ, поставкам ресурсов и т.п.

Заключение

Экономический инструментарий анализа цифровых двойников основан на нейросетевом моделировании характеристик и может быть применен к композитным материалам в машиностроении. Использование нейронных сетей для решения задач планирования на предприятиях машиностроительной промышленности соответствуют концепции развития искусственного интеллекта в РФ до 2030 года [4], и способствуют развитию отраслевого искусственного интеллекта.

Система экономических показателей стратегической целесообразности производства деталей с заданной конфигурацией, соответствующей сформированному цифровому двойнику, позволяет производить эффективное планирование производства для получения стратегического конкурентного преимущества. Оно может быть достигнуто за счет обновления производственной базы с учетом требований к тактико-техническим характеристикам готового изделия, применения инновационных композитных материалов и изменения конструкторских решений.

Работа выполнена за счет средств Российского научного фонда (грант №24-19-00328).

Список литературы

1. ГОСТ 16504–81. Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения; https://docs.cntd.ru/ document/1200005367.

2. ГОСТ Р 57700.37–2021. Компьютерные модели и моделирование. Цифровые двойники изделий. Общие положения; https://internet-law.ru/gosts/ gost/75810/.

3. Сысоева Е.А. Национальный стандарт Российской Федерации в области цифровых двойников // Компетентность / Competency (Russia). — 2022. — № 3. DOI: 10.24412/1993-8780-2022-3-10-13.

4. Указ Президента РФ от 10.10.2019 N 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации» (вместе с «Национальной стратегией развития искусственного интеллекта на период до 2030 года») // СПС Консультант Плюс. URL:https://www.consultant.ru/document/cons_doc_ LAW_335184/1f32224a00901db9cf44793e9a5e35567a4212c7/.

5. Царев М.В., Андреев Ю.С. Цифровые двойники в промышленности: история развития, классификация, технологии, сценарии использования // Известия вузов. Приборостроение. — 2021. — Т. 64. — № 7. – С. 517-531. DOI: 10.17586/0021-3454-2021-64-7-517-531.

6. Glaessgen E., Stargel D. The digital twin paradigm for future NASA and US Air Force vehicles //53rd AIAA/ASME/ASCE/AHS/ASC Structures, Structural Dynamics and Materials Conf., Honolulu, Hi. 2012. Apr.

7. Shafto M., Conroy M., Doyle R. et al. Modeling, Simulation, Information Technology & Processing Roadmap. Washington, DC, USA: NASA, 2012.

УДК 621.396.6

РАЗРАБОТКА ИНТЕГРАЛЬНОГО ДАТЧИКА ТЕМПЕРАТУРЫ

Т.А. Иванюк, студент [1, а)]
А.М. Андрейчук, студент [1, а)]
К.В. Тазов, студент [1, а)]
В.В. Вертегел, канд. тех. наук, доцент [1, б)]
[1] ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,
Севастополь, Российская Федерация
E-mail: [а)] drimov.serafim@bk.ru, [б)] vvvertegel@sevsu.ru

Аннотация: Разработан интегральный датчик температуры по технологии *RFCMOS* 28 *nm*, работающий в диапазоне температур от –60 до +125 °*C*. Разработано схемотехническое решение в САПР *Cadence Virtuoso*, проведено моделирование работы датчика, получены основные технические характеристики.
Ключевые слова: интегральная схемотехника, технология *RFCMOS* 28 *nm*, температурный датчик.

DEVELOPMENT OF AN INTEGRAL TEMPERATURE SENSOR

T.A. Ivanyuk [1, a)], **A.M. Andreychuk** [1, a)], **K.V. Tazov** [1, a)], **V.V. Vertegel** [1, b)]
[1] Sevastopol State University, Sevastopol, Russia
E-mail: [а)] drimov.serafim@bk.ru, [б)] vvvertegel@sevsu.ru

Abstract: An integrated temperature sensor based on RFCMOS 28 nm technology has been designed, operating in the temperature range from –60 to +125 °C. A circuit design was designed in the Cadence Virtuoso CAD system, the sensor was simulated, and the main technical characteristics were obtained.
Keywords: integrated circuit technology, RFCMOS 28 nm technology, temperature sensor.

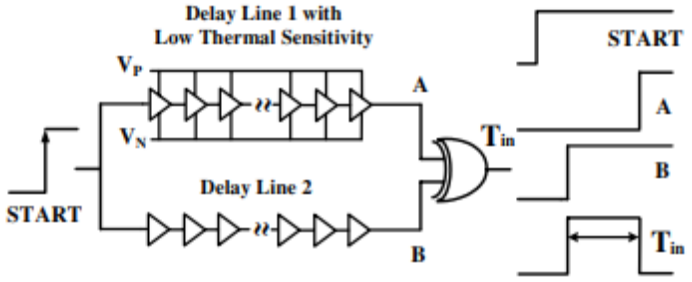
Введение

Разработка интегральных датчиков температуры в технологии *RFCMOS* в настоящие дни является крайне актуальной задачей. Температура является одним из главных измеряемых параметров во многих устройствах. А использование именно интегральных датчиков позволяет осуществлять полную интеграцию систем мониторинга и управления на один кристалл, благодаря чему снижается стоимость, размеры и энергопотребление устройства, а также повышается эффективность. Практически любые современные интегральные схемы содержат в своём составе датчики температуры. Температуру на выходе датчика можно использовать для различных целей, таких как определение перегрева активных элементов (в этом случае датчик располагают вблизи мощного элемента), а также для реализации систем калибровки и температурной компенсации параметров микросхемы.

Основная часть

Существующие датчики температуры (рис. 1) могут работать, измеряя один из следующих параметров: напряжение, ток [1], частоту или временную задержку [2]. В работе разработан датчик, измеряющий падение напряжения на *p-n* переходе биполярного транзистора, так как подобные датчики отличаются высокой точностью, после калибровки, линейностью выходной характеристики, хорошей повторяемостью, благодаря отработанной технологии производства и низкой себестоимостью.

а)



б)

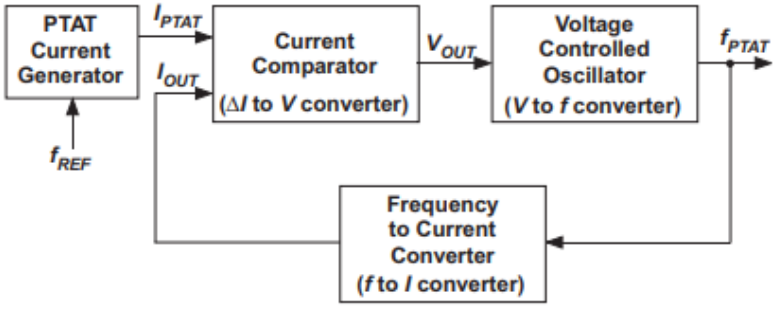


Рис. 1. Виды термодатчиков

На рис. 2 приведена структурная схема интегрального датчика температуры [3], включающего в себя чувствительный элемент датчика, который подключается к АЦП, в состав которого входят: компаратор, ЦАП, счётчик и блок, обеспечивающий токи, необходимые для работы всех элементов, входящих в схему.

Как уже было сказано ранее, работа температурного сенсора основана на зависимости падения напряжения *p-n* перехода транзистора *Q*0 от температуры. Температурный сенсор состоит из токового зеркала *PM*0, *PM*5, *NM*6, задающего рабочий режим транзисторов *NM*5, *NM*2, двух операционных усилителей ОУ1 (*NM*3, *NM*4, *PM*4, *PM*7), ОУ2 (*NM*0, *NM*1, *PM*1, *PM*2), двух транзисторов цепей обратных связей (*PM*3, *PM*6) и резистора цепи обратной связи (*R*0). Транзисторами *NM*7, *NM*8, *NM*9, *NM*10 и инвертором реализовано включение/отключение схемы. Величина резистора *R*0 влияет на крутизну и линейность температурной зависимости выходного напряжения сенсора.

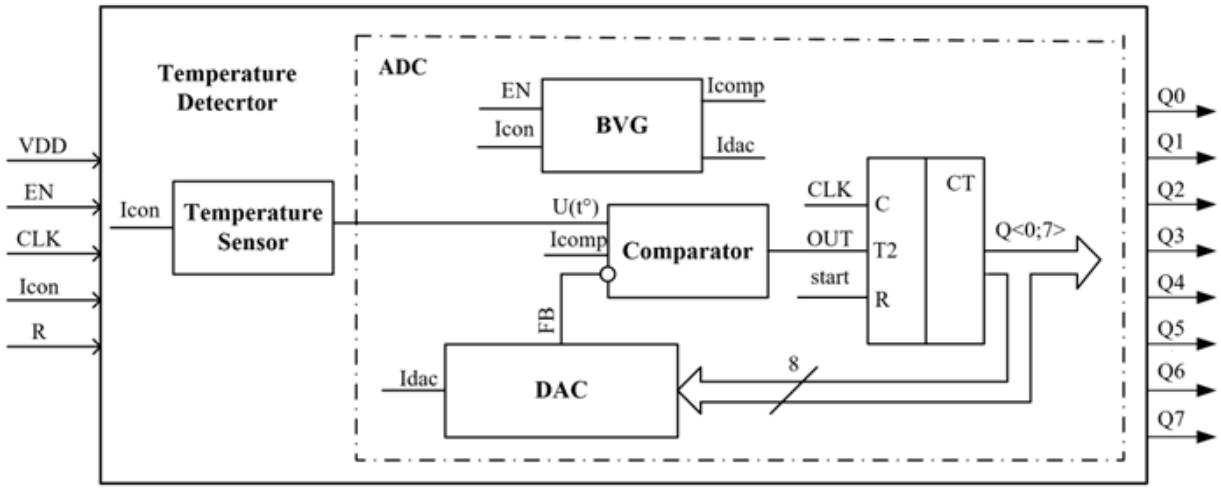


Рис. 2. Структурная схема интегрального термодатчика

Наибольшая крутизна и минимальное отклонение от линейной характеристики при стандартном технологическом разбросе достигается, при значении *R*0 = 500 Ом. На рис. 3 показана схема разработанного чувствительного элемента.

На температурный сенсор поступают следующие сигналы: *EN* — сигнал, отвечающий за включение-выключение схемы, *Vb* — напряжение, задающее с помощью транзисторов *PM*0, *PM*5, *NM*6 требуемый для работы схемы ток, *VDD* – напряжение питания.

Разработанный датчик температуры работает в диапазоне температур –60 — 125°*C*. Максимальное напряжение на выходе чувствительного элемента, при нормальном технологическом разбросе составляет 890 мВ, минимальное напряжение на выходе датчика температуры равно 579 мВ. Крутизна характеристики ≈ 1,6 мВ/°*C*. Характеристика почти точно соответствует идеальной линейной.

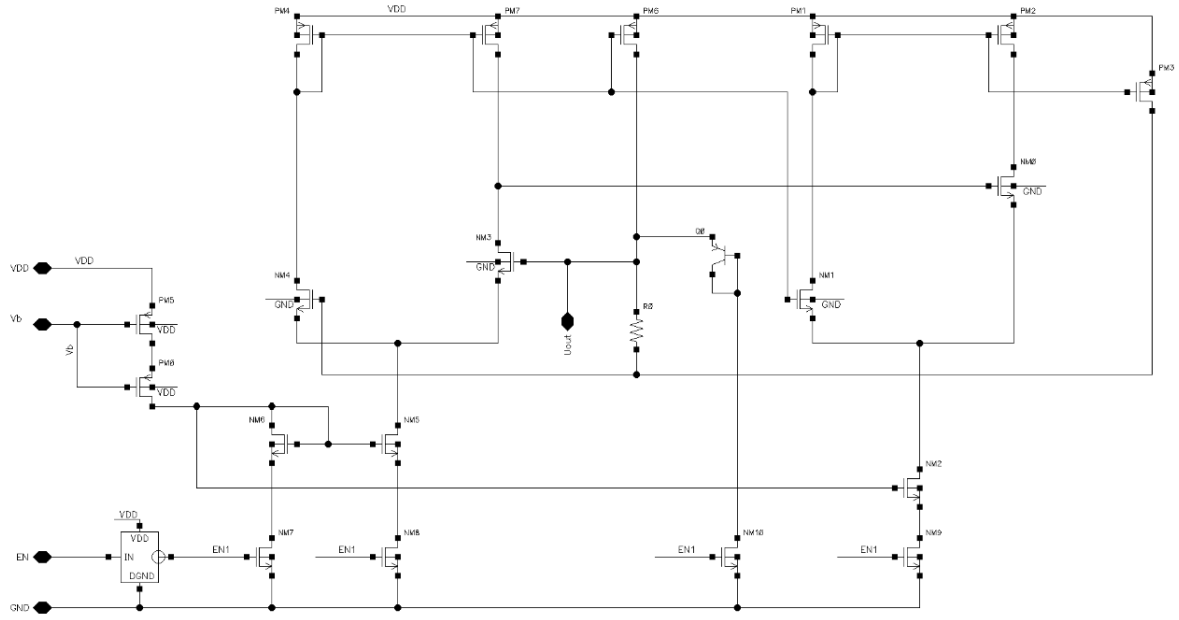


Рис. 3. Схема электрическая принципиальная чувствительного элемента термодатчика

Максимальное отклонение выходного напряжения $U(t°)$, при изменении технологических параметров от стандартной характеристики составляет $10\ mV \approx 6\ °C$.

На рис. 4 показано изменение напряжения на выходе датчика при изменении напряжения питания на ±10 % и изменении технологических параметров элементов схемы.

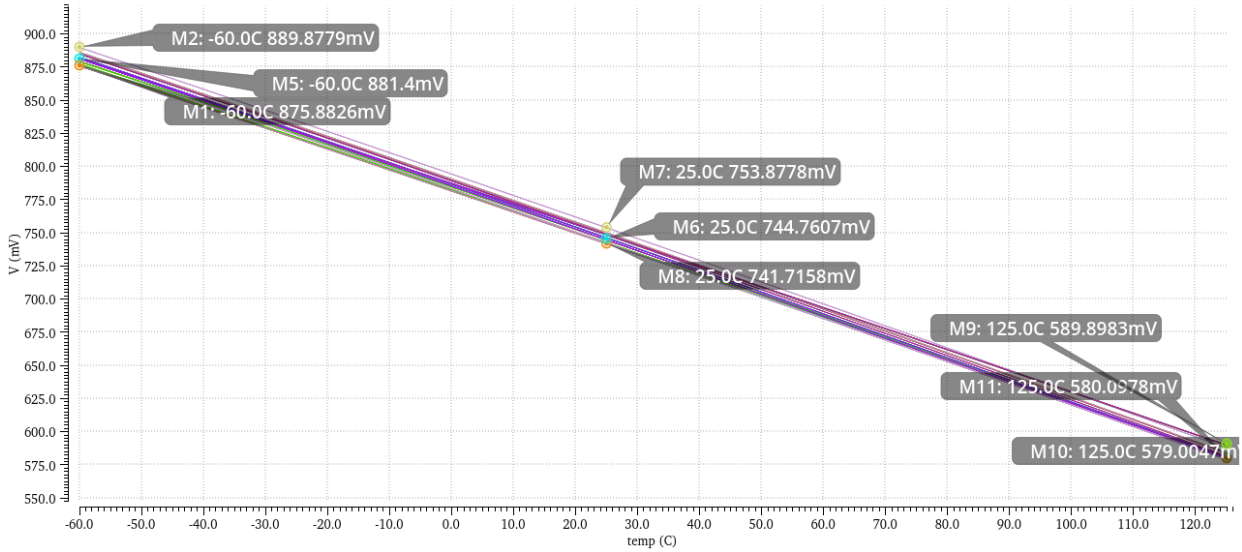


Рис. 4. Зависимость напряжения на выходе напряжения чувствительного элемента интегрального термодатчика

Заключение

Таким образом, разработанный чувствительный элемент для интегрального температурного датчика обладает высокой линейностью. Максимальное

напряжение на выходе чувствительного элемента, при нормальном технологическом разбросе составляет 881 мВ, минимальное — 580 мВ. Датчик температуры на основе данного чувствительного элемента работает в диапазоне температур –60 — 125°*C*. Разработанный чувствительный элемент обладает погрешностью 6°*C* без калибровки.

Список литературы

1. Eberlein M., Yahav I. A 28 nm CMOS ultra-compact thermal sensor in current-mode technique // in Proc. IEEE Symp. VLSI Circuits. 2016. P. 1–2. URL: https://ieeexplore.ieee.org/document/7573532 (дата обращения: 28.11.2025).

2. Chen C.-C., Chen H.-W. A low-cost CMOS smart temperature sensor using a thermal-sensing and pulse-shrinking delay line // IEEE Sensors Journal. 2014. Vol.14. No.1. P.278–284. — URL: https://www.researchgate.net/publication/260581487_A_Low-Cost_CMOS_Smart_Temperature_Sensor_Using_a_Thermal-Sensing_and_Pulse-Shrinking_Delay_Line (дата обращения: 28.11.2025).

3. Li Y.W., Lakdawala H. Smart integrated temperature sensor — mixed-signal circuits and systems // Proc. CICC. 2011. P. 1–8. URL:https://www.researchgate.net/publication/220910625_Smart_integrated_temperature_sensor_-_Mixed-signal_circuits_and_systems_in_32-nm_and_beyond (дата обращения: 28.11.2025).

УДК 004.75

ФОРМИРОВАНИЕ АГРЕГИРОВАННОЙ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ СЕРВЕРНЫХ УЗЛОВ ДЛЯ ЗАДАЧ ВНЕШНЕЙ БАЛАНСИРОВКИ НАГРУЗКИ

Р.В. Сущеня, аспирант [1, а)],
В.Е. Петров, канд. техн. наук, доцент [2, б)]
[1] ООО «1С-Софт», Москва, Российская Федерация
[2] ФГАОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН», Москва, Российская Федерация
E-mail: [а)] romanscool2000@gmail.com, [б)] cu58@mail.ru

Аннотация: В статье рассматривается формирование агрегированной оценки состояния серверных узлов для использования во внешней балансировке нагрузки в распределённых инфраструктурах. Предложен подход к агрегированию мониторинговых метрик в интегральный показатель состояния (health score) и его использованию при принятии решений о распределении нагрузки. Показано, что агрегированная оценка позволяет устойчиво отражать деградации узлов и снижать влияние шума метрик.
Ключевые слова: внешняя балансировка нагрузки, распределённые системы, агрегированные метрики.

FORMING AN AGGREGATED NODE STATE ASSESSMENT FOR EXTERNAL LOAD BALANCING TASKS

R.V. Suschenya [1, a)], **V.E. Petrov** [2, b)]
[1] LLC "1C-Soft", Moscow, Russia
[2] Moscow State University of Technology «STANKIN», Moscow, Russia
E-mail: [a)] romanscool2000@gmail.com, [b)] cu58@mail.ru

Abstract: The paper addresses the formation of an aggregated assessment of server node state for use in external load balancing in distributed infrastructures. An approach to aggregating monitoring metrics into an integral state indicator (health score) and using it for load distribution decision-making is proposed. It is shown that the aggregated assessment provides a stable representation of node degradations and reduces the impact of metric noise.
Keywords: external load balancing, distributed systems, aggregated metrics.

Введение

В распределённых серверных инфраструктурах, состоящих из нескольких кластеров (зон/площадок), внешняя балансировка нагрузки решает задачу маршрутизации входящих запросов между кластерами. В условиях нестационарного входного трафика и деградаций узлов (рост задержек, увеличение очередей, повышение доли ошибок) использование только статических правил распределения может приводить к неустойчивому поведению системы: избыточным переключениям, перегрузке части ресурсов и ухудшению качества обслуживания [1].

Для принятия управленческих решений внешнему балансировщику требуется компактное и сопоставимое описание текущего состояния ресурсов. На практике состояние узла характеризуется множеством разнородных мониторинговых метрик, имеющих различные единицы измерения и различную направленность. Это приводит к возникновению задачи построения агрегированной оценки состояния (health score), пригодной для использования в логике внешней балансировки нагрузки и обеспечивающей интерпретируемость и устойчивость оценивания.

Методы

Для использования мониторинговых данных в задачах внешней балансировки нагрузки предлагается подход, основанный на формировании агрегированной оценки состояния серверных узлов. Под состоянием узла понимается совокупность эксплуатационных характеристик, отражающих загрузку вычислительных ресурсов и качество обслуживания запросов.

На первом этапе выполняется сбор мониторинговых метрик серверных узлов, характеризующих использование процессорного времени, памяти, задержки обработки запросов, длину очередей и долю ошибок. Полученные

метрики используются в качестве входных данных для механизма агрегации и последующего принятия решений внешним балансировщиком нагрузки.

Общая логика формирования агрегированной оценки состояния и её использования во внешнем контуре балансировки нагрузки представлена на рис. 1.

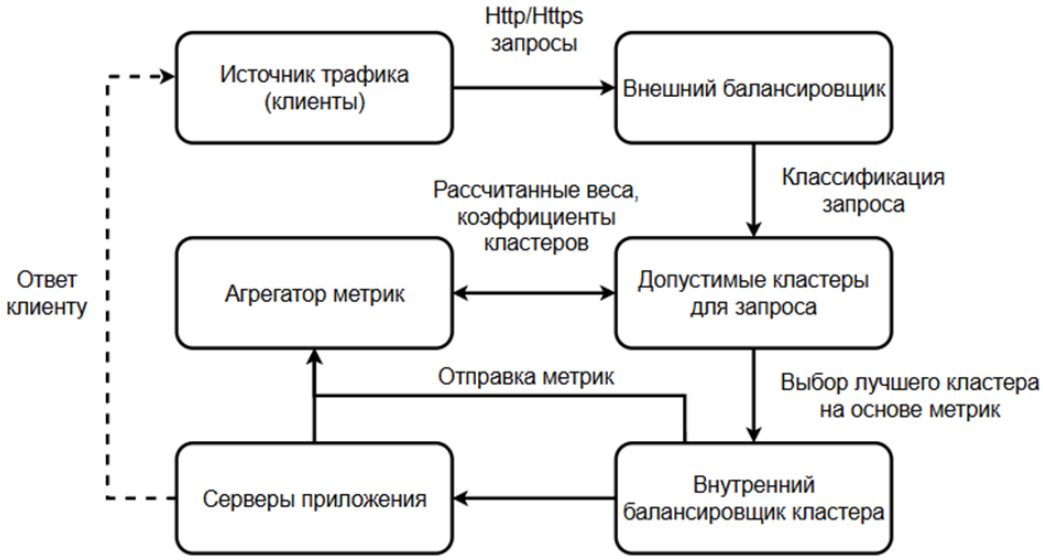


Рис. 1. Схема формирования агрегированной оценки состояния и её использования во внешнем контуре балансировки нагрузки

Поскольку мониторинговые метрики имеют различные единицы измерения и направленность влияния на качество обслуживания, на следующем этапе они приводятся к единой безразмерной шкале. Нормализация выполняется с учётом допустимых диапазонов значений метрик и позволяет сопоставлять их вклад в общее состояние узла без потери интерпретируемости.

Нормализованные значения метрик агрегируются в интегральный показатель состояния серверного узла (health score), вычисляемый в виде взвешенной суммы:

$$H(t) = \sum_{i=1}^{m} w_i x_i(t),$$

где $x_i(t)$ – нормализованные значения метрик, а w_i – весовые коэффициенты, отражающие относительную значимость метрик в задаче поддержания качества обслуживания [2].

Для повышения устойчивости оценки к кратковременным выбросам и шуму мониторинговых данных применяется экспоненциальное сглаживание:

$$S(t) = \alpha H(t) + (1 - \alpha) S(t - \Delta t),$$

где α – параметр сглаживания [3].

Полученная агрегированная оценка используется во внешнем контуре балансировки нагрузки при принятии решений о распределении входящих запросов между кластерами серверов. Использование агрегированной оценки позволяет учитывать текущее состояние вычислительных ресурсов и снижать

влияние шумовых колебаний отдельных метрик на управленческие решения балансировщика.

Результаты

В ходе имитационного моделирования исследована динамика агрегированной оценки состояния серверного узла при стационарной нагрузке и кратковременных всплесках. На рис. 2 приведено сравнение агрегированной оценки без сглаживания и со сглаживанием методом экспоненциального скользящего среднего (EWMA).

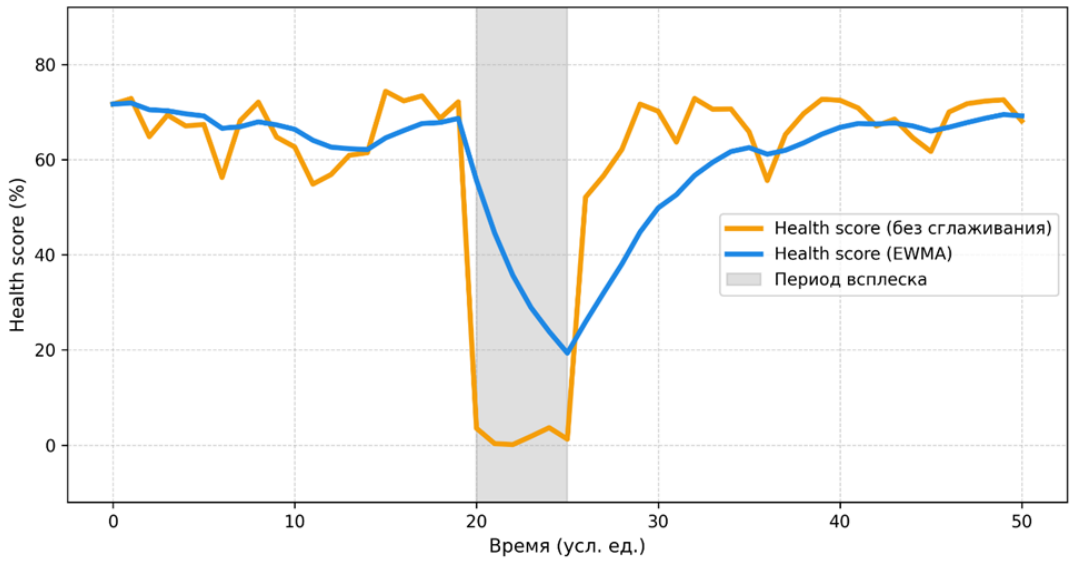


Рис. 2. Сравнение динамики агрегированной оценки состояния серверного узла без сглаживания и со сглаживанием

Показано, что без сглаживания агрегированная оценка характеризуется резкими колебаниями и высокой чувствительностью к кратковременному шуму мониторинговых метрик. Применение сглаживания позволяет существенно снизить амплитуду этих колебаний, сохраняя при этом реакцию на устойчивые деградации состояния узла. Полученные результаты подтверждают целесообразность использования сглаженной агрегированной оценки в задачах внешней балансировки нагрузки.

Заключение

В статье рассмотрен подход к формированию агрегированной оценки состояния серверных узлов для использования во внешней балансировке нагрузки в распределённых инфраструктурах. Предложена схема агрегирования мониторинговых метрик, включающая их нормализацию, взвешивание и сглаживание.

Показано, что агрегированная оценка состояния обеспечивает более устойчивое и интерпретируемое представление состояния узлов по сравнению с несглаженной оценкой, снижая влияние кратковременного шума метрик. Предложенный подход может быть использован как диагностический

компонент при разработке методов управления внешней балансировкой нагрузки и служит основой для дальнейших исследований.

Список литературы

1. Пономаренко Д.Н. Обзор алгоритмов балансировки нагрузки в облачных вычислительных системах / Д. Н. Пономаренко. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2024. — № 12 (511). — С. 21–30.

2. Sondur S., Kant K. Performance health index for complex cyber infrastructures //ACM Transactions on Modeling and Performance Evaluation of Computing Systems. – 2022. – Т. 7. – №. 1. – С. 1-32.

3. Cloudflare Inc. Load Balancing: Dynamic Steering, использование EWMA задержек для выбора пула // Cloudflare Documentation. — Обновлено 10 января 2025. — URL: https://developers.cloudflare.com/load-balancing/understand-basics/traffic-steering/steering-policies/dynamic-steering (дата обращения: 20.12.2025).

УДК 004.91

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ДИНАМИЧЕСКОГО ФОРМИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

В.А. Шиленков, студент второго курса магистратуры [1, a)]
[1] ФГАОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН», Москва, Российская Федерация
E-mail: [a)] v.shilenkov@list.ru

Научный руководитель: В.А. Чеканин, д-р техн. наук, доцент

Аннотация: В статье изложены результаты проектирования системы динамического формирования технической документации, предназначенной для автоматизации процессов подготовки и обновления технических документов. Рассматриваются подходы к определению требований на основе классификации FURPS+, моделированию бизнес-процессов в нотации BPMN 2.0, проектированию архитектуры по модели C4 и разработке логической модели данных. Предложенные решения направлены на повышение эффективности обработки документов, сокращение временных затрат и обеспечение структурной целостности технической информации.

Ключевые слова: техническая документация, динамическое формирование документации, FURPS+, BPMN 2.0, C4, реляционная модель данных.

DESIGN OF A SYSTEM FOR DYNAMIC GENERATION OF TECHNICAL DOCUMENTATION

V.A. Shilenkov
[1] Moscow State University of Technology «STANKIN», Moscow, Russia
E-mail: [a)] v.shilenkov@list.ru

Scientific supervisor: V.A. Chekanin, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

Abstract: The article presents the design results of a system for dynamic generation of technical documentation intended to automate the preparation and updating of technical documents. The study applies the FURPS+ classification for requirements specification, BPMN 2.0 notation for business process modeling, C4 modeling for system architecture, and a relational data model for database design. The proposed solutions aim to improve the efficiency of document processing, reduce time costs, and ensure the structural integrity of technical information.
Keywords: technical documentation, dynamic document generation, FURPS+, BPMN 2.0, C4, relational data model.

Введение

Современные инженерные и производственные процессы требуют постоянного обновления и согласования технических документов. Ручные методы их подготовки не только увеличивают трудоёмкость, но и создают риск несоответствий между версиями. Для устранения этих проблем разрабатываются системы, обеспечивающие автоматизацию формирования и актуализации документации на основе шаблонов с динамическими параметрами.

Предлагаемая система динамического формирования технической документации направлена на создание единого инструмента, позволяющего пользователю задавать структуру документа, формулы расчётов и зависимости переменных, после чего система автоматически подставляет значения и генерирует итоговый документ. При проектировании особое внимание уделено целостности архитектурных решений и согласованности моделей, что обеспечивает расширяемость и надёжность системы.

Методы

Формирование требований к системе осуществлялось с применением классификации FURPS+, которая охватывает как функциональные, так и нефункциональные характеристики программного обеспечения. В рамках этого подхода определены ключевые функциональные возможности: создание и редактирование шаблонов, задание динамических переменных, проверка введённых данных и автоматическая генерация документов. К нефункциональным требованиям отнесены: удобство интерфейса, надёжность,

производительность и поддерживаемость. Реализация системы основана на модульной архитектуре, обеспечивающей расширяемость, возможность автоматического тестирования и документированность кода.

Для анализа и оптимизации процессов формирования документов применена нотация BPMN 2.0, позволившая описать текущее (рис. 1) и целевое (рис. 2-3) состояния процесса.

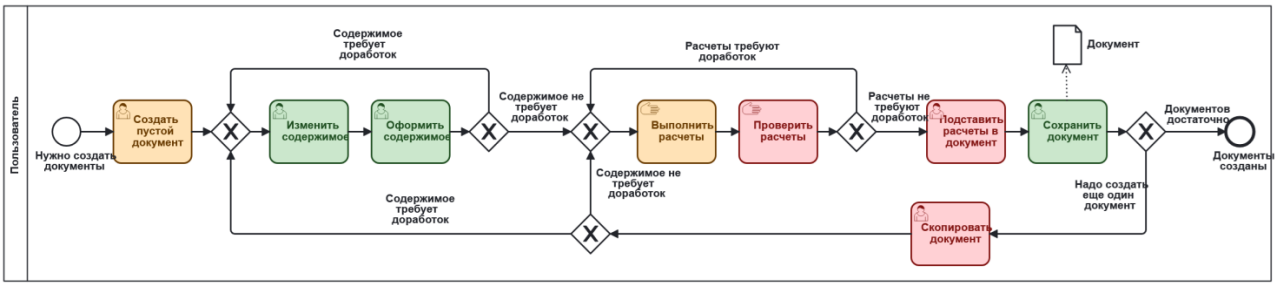


Рис. 1. Диаграмма бизнес-процесса «Как есть»

В существующей модели пользователь вручную выполняет все этапы подготовки документа, включая расчёты и форматирование, что приводит к значительным временным затратам и высокой вероятности ошибок.

Разработанная модель отражает перераспределение функций между пользователем и системой: интеллектуальная автоматизация позволяет исключить повторяющиеся операции и обеспечить единообразие формируемых документов. Пользователь концентрируется на содержательной части, а система выполняет вычисления и подстановку данных.

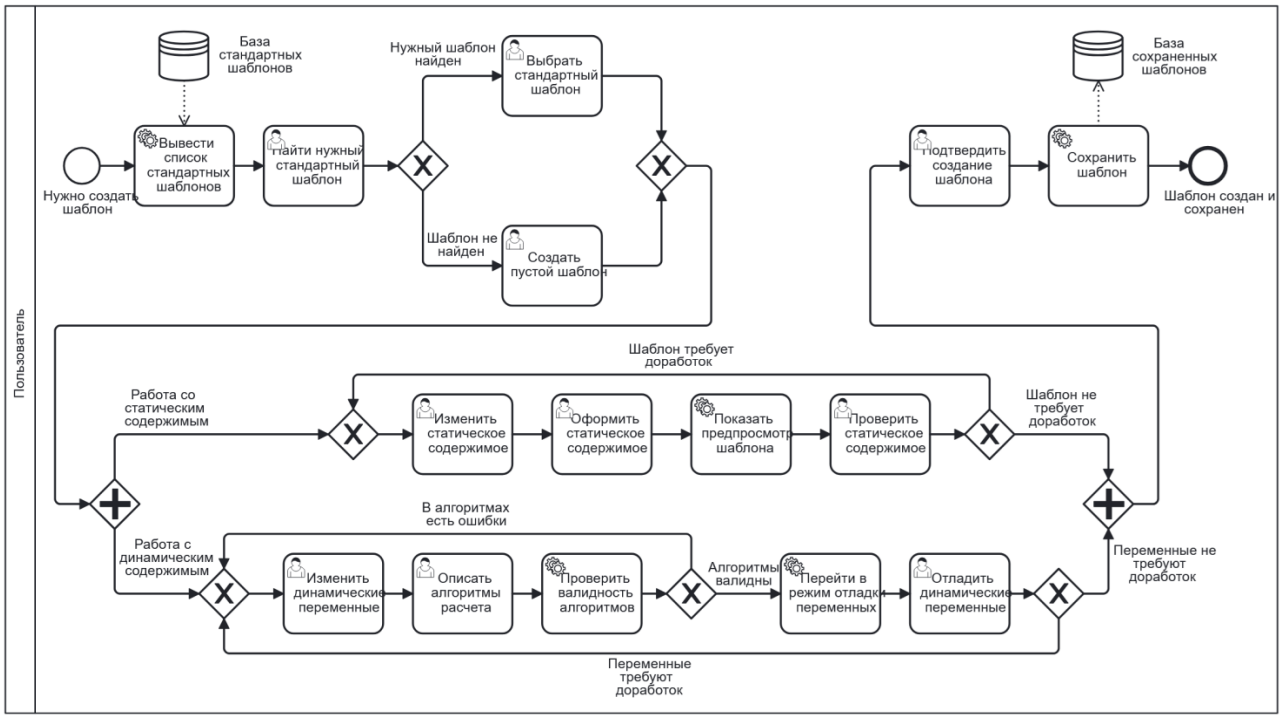


Рис. 2. Диаграмма бизнес-процесса создания шаблона «Как должно быть»

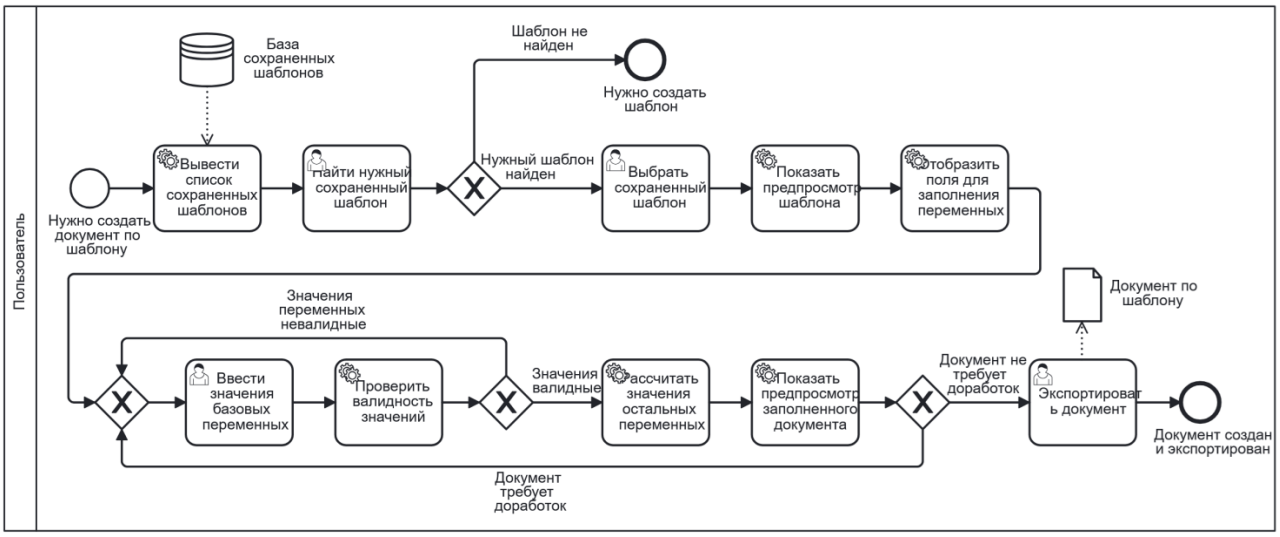


Рис. 3. Диаграмма бизнес-процесса генерации документа «Как должно быть»

Проектирование архитектуры системы осуществлялось с использованием модели C4 на уровне контейнеров (L2), что позволило формально описать взаимодействие между основными компонентами (рис. 4).

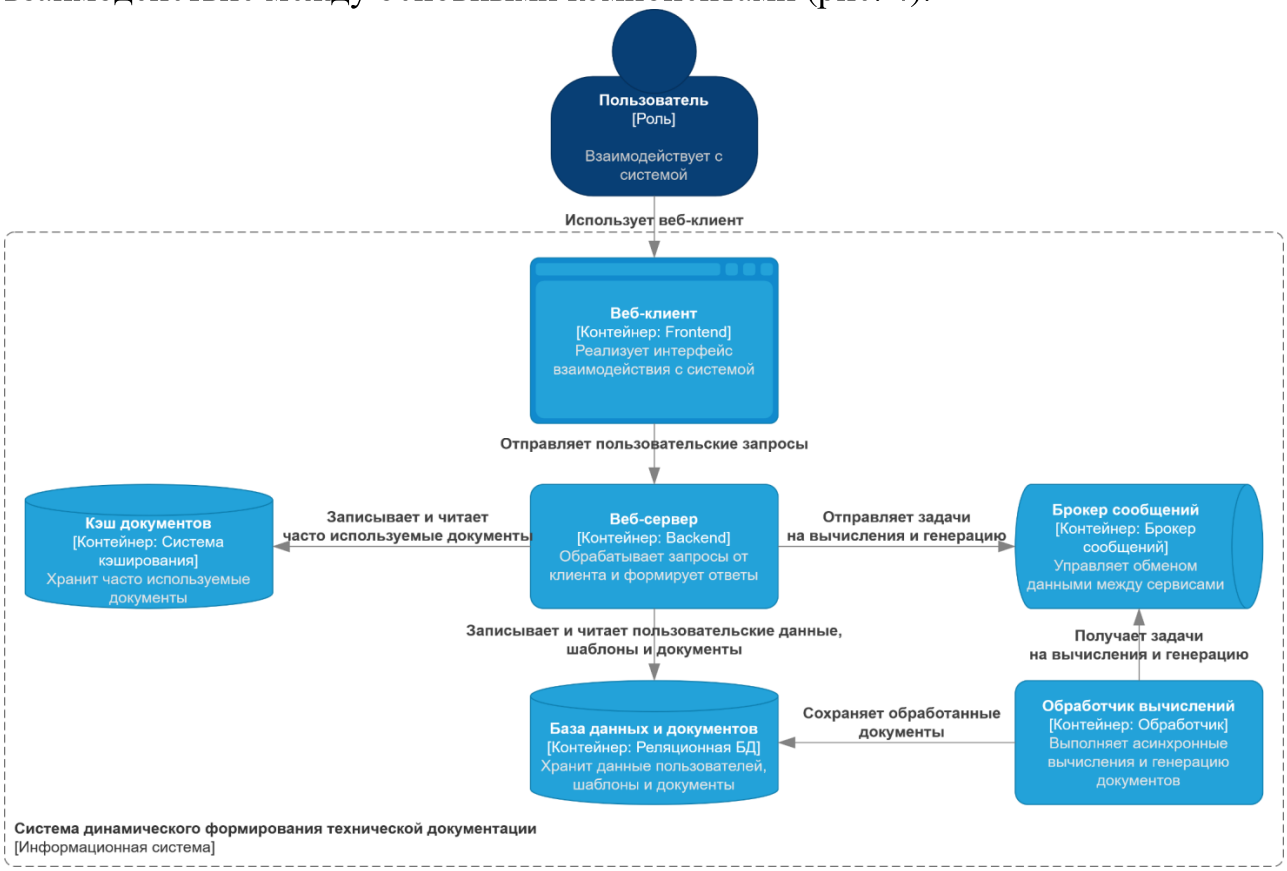


Рис. 4. Архитектура системы, представленная в виде модели C4 (уровень L2)

Архитектура включает веб-клиент, предоставляющий интерфейс пользователя; веб-сервер, обрабатывающий запросы и координирующий выполнение задач; обработчик вычислений, выполняющий асинхронные

операции; брокер сообщений, обеспечивающий очередность задач; базу данных для хранения шаблонов и результатов; а также кэш документов для ускоренного доступа к часто используемым данным. Такая архитектура реализует принципы масштабируемости и отказоустойчивости. Использование асинхронного взаимодействия между компонентами позволяет эффективно распределять нагрузку и обеспечивать стабильную работу системы при увеличении числа пользователей.

Особое значение в проектировании имеет логическая модель данных, построенная на реляционной основе (рис. 5).

В модели выделены ключевые сущности: user – данные пользователя, template – технический шаблон с поддержкой версий, project – проект как группа шаблонов, variable – динамические параметры и их ограничения, task – история выполнения генераций, а также таблицы совместного доступа, обеспечивающие разграничение прав пользователей. Структура данных обеспечивает транзакционность операций, согласованность хранимой информации и возможность масштабирования системы без изменения базовой логики.

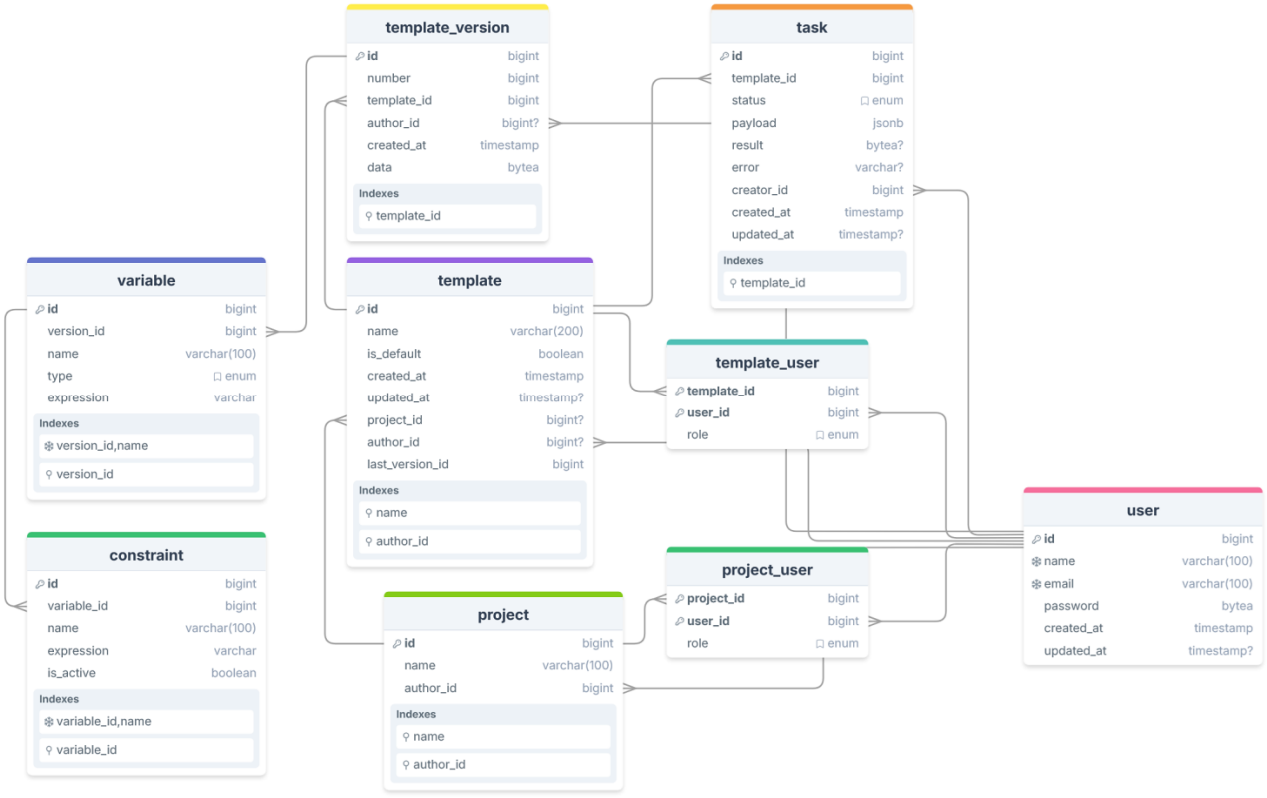


Рис. 5. ER-диаграмма логической модели данных системы

Результаты

Результаты проектирования демонстрируют формирование целостной концепции системы, объединяющей структурное описание, архитектурные решения и модели данных. Система обеспечивает автоматизацию процессов создания и обновления технических документов, сокращает трудозатраты специалистов, минимизирует вероятность ошибок при расчётах и вводе данных,

а также гарантирует воспроизводимость итоговых документов в соответствии с установленными требованиями.

Заключение

В результате проведённого проектирования разработана концептуальная модель системы динамического формирования технической документации, основанная на современных методах описания требований, моделирования процессов и проектирования архитектуры. Применение подходов FURPS+, BPMN 2.0, C4 и реляционной модели данных позволило сформировать согласованное и масштабируемое решение, ориентированное на автоматизацию формирования и актуализации технических документов. Полученные результаты создают основу для реализации и внедрения системы, а также для дальнейших исследований, связанных с интеллектуальной обработкой шаблонов и адаптацией алгоритмов генерации под различные предметные области.

Список литературы

1. Белайчук А.А., Братченко С.А. Необходимые и избыточные развилки в нотации BPMN 2.0 // Стратегии бизнеса. 2017. №4. – С. 3-7.

2. Романов С.С. Об инфологическом моделировании баз данных с помощью нормализации ER-диаграмм // Таврический научный обозреватель. 2017. №1 (18). – С. 127-137

3. Клеппман М. Высоконагруженные приложения. Программирование, масштабирование, поддержка. – СПб.: Питер, 2018. – 640 с.

УДК 551.543.5:613.65

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕАЛИЗАЦИИ ДАТЧИКОВ ДАВЛЕНИЯ ДЛЯ ПРОТОТИПА ОРТЕЗА ДЛЯ КОЛЕННОГО СУСТАВА

М.Р. Струтовская, студент [1, a)]

[1] ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,
Севастополь, Российская Федерация
E-mail: [a)] masha.strutovskaya.05@mail.ru

Научный руководитель: Е.А. Редькина, канд. техн. наук, доцент

Аннотация: Рассматривается задача создания ортеза базируемого на коленном суставе, прикрепляемого на четырехглавой мышце и анализирующего изменения в тонусе мышц при осуществлении движения ноги. Предлагается возможная элементная база для устройства анализа движения, схема изменения для проведения эксперимента по возможности реализации устройства на основе мостовой схемы с известными дешевыми тензодатчиками, с возможным

креплением датчиков к позициям наибольшего изменения при тонусе элементов четырехглавой мышцы.
Ключевые слова: ортез, датчики давления, тензорезисторы, мостовая схема.

STUDY OF PRESSURE SENSORS FOR A PROTOTYPE KNEE WRIST ORTHOPEDIC APPAREL

M.R. Strutovskaya, student [1, a)]
[1] Sevastopol State University, Sevastopol, Russian Federation
Sevastopol, Russian Federation
E-mail: [a)] masha.strutovskaya.05@mail.ru

Scientific supervisor: E.A. Redkina, Ph.D. tech. Sciences, Associate Professor

Abstract: The problem of creating a knee-based orthosis attached to the quadriceps muscle and analyzing changes in muscle tone during leg movements is considered. A possible component base for a motion analysis device is proposed, along with a measurement scheme for experiment to determine the feasibility of implementing a device based on a bridge circuit with known, inexpensive pressure sensor, with the possibility of attaching the sensors to the positions of greatest changes in quadriceps muscle tone.
Keywords: orthosis, pressure sensors, and strain gauges, bridge circuit.

Введение

Разработка интеллектуальных ортезов для коленного сустава – одно из наиболее перспективных направлений в реабилитационной медицине [1]. Эти устройства призваны предоставлять объективные данные о состоянии пациента или спортсмена, значительно улучшая качество восстановления и тренировок. Главная задача такого «умного» ортеза (см. рис. 1) – интеграция надежных и точных датчиков давления для контроля нагрузки, фиксации отклонений в биомеханике движения и предотвращения травм.

В рамках работы была поставлена задача проанализировать требуемые датчики для анализа и контроля работы мышц ноги при выполнении движений типа: подъём и сгибание колена для дальнейшего сбора, систематизации калибровки и адаптивного управления элементами ортеза. Необходимо исследовать возможность применения доступной компонентной базы для устройства сбора данных о параметрах произведенного движения и тонуса мышц. Разработать систему для контроля движения мышц на основе используемых датчиков.



Рис. 1. Фото примера умного ортеза

Методы

Во многих цифровых ортезах используются датчики давления, некоторые из которых были протестированы, что отражено в различных публикациях. Так, например, в [1] представлены результаты разработки и исследования многослойного гибкого датчика давления на основе карбонизированной ткани с высокой чувствительностью и износостойкостью.

В работе проанализированы способы применения датчика и проведены испытания при размещении на разных участках тела испытуемого для распознавания показателей двигательной активности.

Из представленных в [1] исследования данных с датчиков, расположенных в разных частях перчатки, был сделан вывод о том, что при движении одного или нескольких пальцев имеет место характерная зависимость от всех пяти включенных датчиков давления, которые по идее должны отслеживать движения каждого пальца по отдельности.

Как пишут исследователи, сбор сигналов с каждого датчика осуществлялся с помощью настройки приемника в многоканальном режиме. Это позволило получить данные о различных жестах (как показано на рис. 2).

Также проводилась обработка информации при различных фазах работы руки:

– сжатие пальцев для обхвата предмета;

– удержание объекта;

– последующее разжатие пальцев для его освобождения.

Исследователи утверждают, что из полученных от устройства данных можно не только зафиксировать сам процесс движения, но и определить характеристики объекта – был ли он маленьким и легким или, наоборот, крупным и тяжелым, что позволяет сделать вывод о том, что применение множества датчиков давления позволяет разработать алгоритм для распознавания жестов, а значит и улучшить тактильное восприятие интеллектуальных систем.

На основании этого можно сделать предположение, что при размещении в различных частях мышц датчиков давления около коленного сустава, можно собрать достаточно данных для разработки алгоритма управления ортезом для помощи в сгибании/разгибании и отведении ноги.

Приведенные в различных публикациях гибкие и уникальные датчики в настоящее время малодоступны в РФ. Поэтому важным является найти такие датчики давления, которые подошли бы по чувствительности и точности изменения для фиксации движения (изменения тонуса мышц).

В целом можно сказать, что для задач изменения используются чаще всего так называемые тензорезистивные датчики давления, которые меняют свое сопротивление при определенной деформации рабочей поверхности датчика.

Применение таких типов датчиков чаще всего связано с мостовой схемой изменения, когда измерительные датчики устанавливаются в плечи моста, позволяет применять датчики с разным динамическим диапазоном [2].

Стандартный метод измерения сопротивления при деформации заключается в пропускании постоянного тока через резистивный датчик и измерении выходного напряжения. Для этого требуется как точный источник тока, так и точное средство измерения напряжения. Любое изменение тока будет интерпретироваться как изменение сопротивления. Кроме того, рассеиваемая мощность резистивного датчика должна быть небольшой и соответствовать рекомендациям производителя, чтобы самонагрев не приводил к ошибкам. В результате ток возбуждения должен быть небольшим, что, как правило, ограничивает разрешающую способность этого подхода.

Для реализации схемы измерения давления на основе тензодатчиков для определения изменения тонуса мышц можно применить основные способы включения измерительных элементов в плечи моста:

– включение в одно плечо моста (измеряемая разность напряжений Vo будет пропорциональна четвертой части от подаваемого напряжения с учетом разности сопротивлений в плечах (рис. 2, а);

– включение в противоположные два плеча моста (измеряемая разность напряжений Vo будет пропорциональна половине от подаваемого напряжения с учетом разности сопротивлений плеч (рис. 2, б);

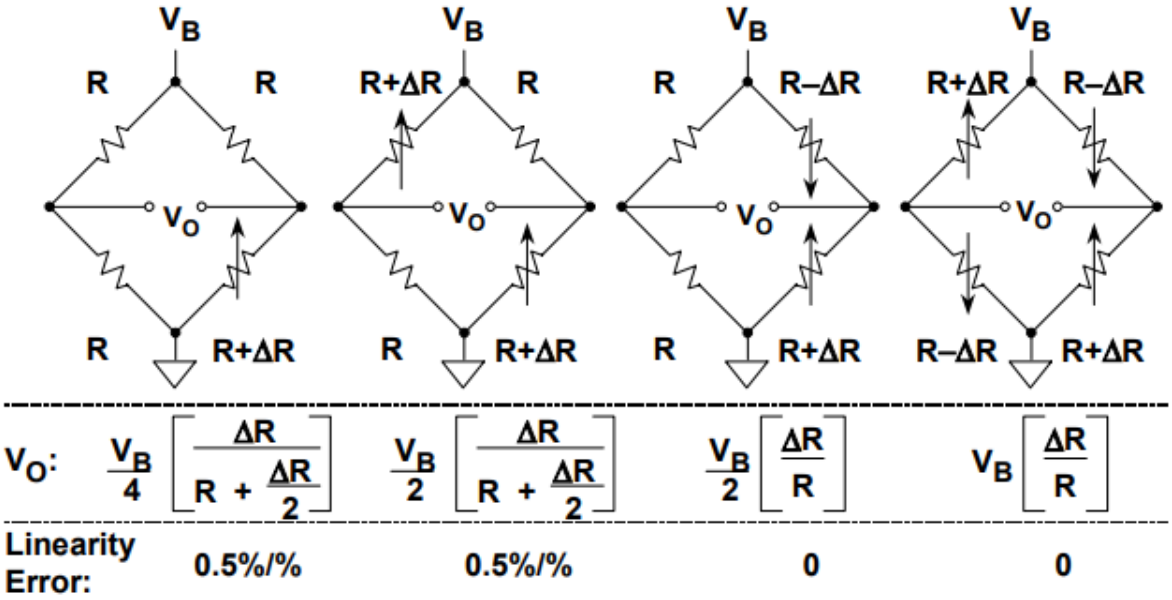
– включение в симметричные два плеча моста измерителей, на которые поступает противоположное действие (растяжение/сжатие), при этом измеряемое напряжение Vo будет пропорциональна половине от подаваемого напряжения с учетом отношения разности сопротивлений к эталонному сопротивлению (рис. 2, в);

– симметричное включение во все плечи моста измерителей, на которые поступает противоположное действие (растяжение/сжатие), при этом измеряемое напряжение Vo будет пропорциональна подаваемому напряжению с учетом отношения разности сопротивлений к эталонному сопротивлению (рис. 2, г).

Последние два варианта применения мостовой схемы для исследования тонуса мышц сложно применимо, поскольку сложно определить точки обратной деформации тензодатчика, а значит реально применимы только первые 2 схемы,

причем схема второго варианта (рис. 2, б) позволит получить большую чувствительность измерительной схемы (в 2 раза больше уровень напряжения на выходе схемы).

В целом, расчет измеренного значения определяется соотношением сопротивлений в плечах. Так, когда $R1/R4 = R2/R3$, считается, что резистивный мост находится на нулевом уровне, независимо от режима возбуждения (ток или напряжение, переменный или постоянный ток), величины возбуждения, режима считывания (ток или напряжение) или полного сопротивления детектора. Таким образом, для измерения необходимо либо изменять значения резисторов для достижения равенства плеч, либо предварительно проводить калибровку относительно разностного значения плеч при отсутствии измеряемого влияния на тензорезистивный датчик.



а) б) в) г)

Рис. 2. Варианты реализации мостовых схем для изменения давления [2]

Результаты

В результате анализа современных доступных датчиков давления, подходящих к задаче анализа тонуса мышц при осуществлении движения ноги, был выбран дешевый тензодатчик RFP602, который имеет высокую чувствительность [3].

Проведенный анализ анатомии коленного сустава и стандартной активности мышц позволяет сделать предположение об возможном расположении датчиков в зоне четырехглавной мышцы бедра. Поскольку четырехглавая мышца бедра через свое сухожилие прикрепляется к коленному суставу. Все четыре мышцы (прямая, латеральная, медиальная и промежуточная) объединяются в общее сухожилие, прикрепляющееся к надколеннику. В свою очередь надколенник действует как рычаг, помогая более эффективно разгибать колено. От нижней части надколенника сухожилие продолжается в виде связки надколенника, которая крепится к бугристости

большеберцовой кости. Таким образом, для развернутого анализа движения ноги, необходимо расположить парные датчики на прямой мыщце (мост 1), парные датчики в областях медиальной и латеральной мышц (мосты 2, 3).

Заключение

Таким образом, проанализированы методы построения ортезов, сделан вывод о возможном применении датчика RFP602. Рассмотрены мостовые схемы с датчиками давления, позволяющие измерять сопротивление с высокой точностью. Предложены два подхода: использование моста как датчика нуля для косвенного измерения сопротивления или для прямого считывания разности сопротивлений. Преимущества метода включают независимость от режима возбуждения и возможность точного определения сопротивления при минимальном токе возбуждения, что снижает ошибки, связанные с самонагревом датчика.

В дальнейшем необходимо проведение эксперимента для анализа чувствительности выбранного датчика и паттернов изменения значений в процессе движения ноги, для дальнейшего использования в цифровых ортезах, а также исследования других возможных методах применения датчиков давления для увеличения чувствительности и уменьшения погрешности измерения.

Список литературы

1. Больше, чем фитнес-трекер: создан сверхчувствительный датчик давления / Sensoren. — URL: https://sensoren.ru/news/bolshe_chem_fitnes_treker_sozdan_sverkhchuvstvitelnyy_datchik_davleniya/?ysclid=mh3gzclhxe102971417 (дата обращения: 10.11.2025)

2. Pallas-Areny Ramon Sensors and Signal Conditioning / Ramon Pallas-Areny, John G.Webster. — John Wiley & Sons Limited, 2019. — 606 с. — ISBN: 9781118585931.

3. Датчик давления (тензорезистор) RFP602 / RoboShop. — URL: https://roboshop.spb.ru/sensors/datchiki-vesa/rfp602 (дата обращения: 10.11.2025).

УДК 796.015.865.22

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПОДСЧЕТА УПРАЖНЕНИЙ В ГИРЕВОМ СПОРТЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ ОПТИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ

А.В. Трушкина, студент[1, a)]
Д.А. Щекатурина, студент [1)]
М.Г. Малова, студент [1)]
И.А. Сирица, студент [1)]
А.А. Сирица, студент [1)]
[1] ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,
Севастополь, Российская Федерация
E-mail: [a)] subridenssum@mail.ru

Научный руководитель: Ю.Н. Тыщук, канд. тех. наук, доцент

Аннотация: Предложена автоматизированная система для подсчета количества упражнений в гиревом спорте на основе структуры с главным табло с применением оптического датчика.
Ключевые слова: гиревой спорт, оптический датчик, цифровое табло, автоматизированная система подсчёта.

DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED SYSTEM FOR COUNTING EXERCISES IN KETTLEBELL SPORTS USING OPTICAL SENSORS

A.V. Trushkina [1, a)], **D.A. Schshekaturina** [1)], **M.G. Malova** [1)],
I.A. Siritsa [1)], **A.A. Siritsa** [1)]
Sevastopol State University, Sevastopol, Russian Federation
E-mail: [a)] subridenssum@mail.ru

Scientific supervisor: Yu. N. Tyshchuk, Ph.D. in Engineering, Associate Professor

Abstract: An automated system for calculating the number of exercises in kettlebell lifting based on a structure with a main scoreboard using an optical sensor is proposed.
Keywords: kettlebell lifting, optical sensor, digital scoreboard, automated counting system.

Введение

Современный спорт стремительно трансформируется под влиянием цифровых технологий, которые активно интегрируются для повышения

объективности и точности судейства соревнований различных видов спорта. Это закономерность начала внедряться даже в традиционные спортивные дисциплины, где ранее все решения принимались исключительно на основе визуального наблюдения. Это могло повлечь за собой необъективность судейства или же влияние человеческого фактора.

Одной из таких дисциплин является гиревой спорт, где точный подсчёт количества выполненных упражнений (толчок или рывок) и правильность технической составляющей является критически важным параметром для результата спортсмена. В настоящее время гиревой спорт имеет методику подсчёта, которая основана только на визуальном контроле судьи. Поэтому на точность и корректность этой методики будет влиять человеческий фактор: усталость, невнимательность, субъективное восприятие может повлечь за собой, как ошибочный подсчёт неверно выполненного упражнения, так и наоборот, не засчитанное верно выполненное упражнение. Это может порождать различные спорные ситуации и создать ситуацию, когда спортсмен может не получить призового места из-за неверного подсчёта судейской бригады.

В связи с этим, разработка устройства для автоматического подсчёта выполненных упражнений в гиревом спорте становится необходимостью, так как это позволит минимизировать влияние человеческого фактора на итоговый результат спортсмена и облегчить нагрузку на судейскую бригаду.

Основная часть

В основе гиревого спорта заложено выполнение максимального количество подъёмов гири за определенный промежуток времени (2 минуты, 5 минут, 10 минут), то есть принцип цикличности. При этом важным фактором является, что одновременно могут соревноваться несколько спортсменов, и соответственно, устройство счётчика должно иметь возможность обеспечивать одновременный запуск времени, но при этом, независимый подсчёт количества повторений для каждого спортсмена.

За основу в разрабатываемой системе было решено взять используемую структуру с главным и ведомым табло (рис. 1) [1].

Каждое «ведомое» табло используется для подсчёта результатов отдельного спортсмена, при этом все они синхронизированы между собой для обеспечения возможности одновременного запуска времени. Синхронный отсчёт осуществляется посредством кабеля тактирования, источником которого является ПК или ноутбук. Управление запуском времени реализуется главным судьей с помощью мастер-пульта на ИК лучах, тоесть главным пультом, который может управлять всеми табло. У каждого судьи на помосте также есть отдельные пульты, которые проводят подсчёт выполненных подъёмов путем нажатия на кнопку «+/-1 жим» или же остановку времени, если спортсмен закончил свое упражнение раньше других.

Для улучшения данной системы предлагается использование датчиков для отслеживания и фиксации подъемов гири в каждом ведомом табло.

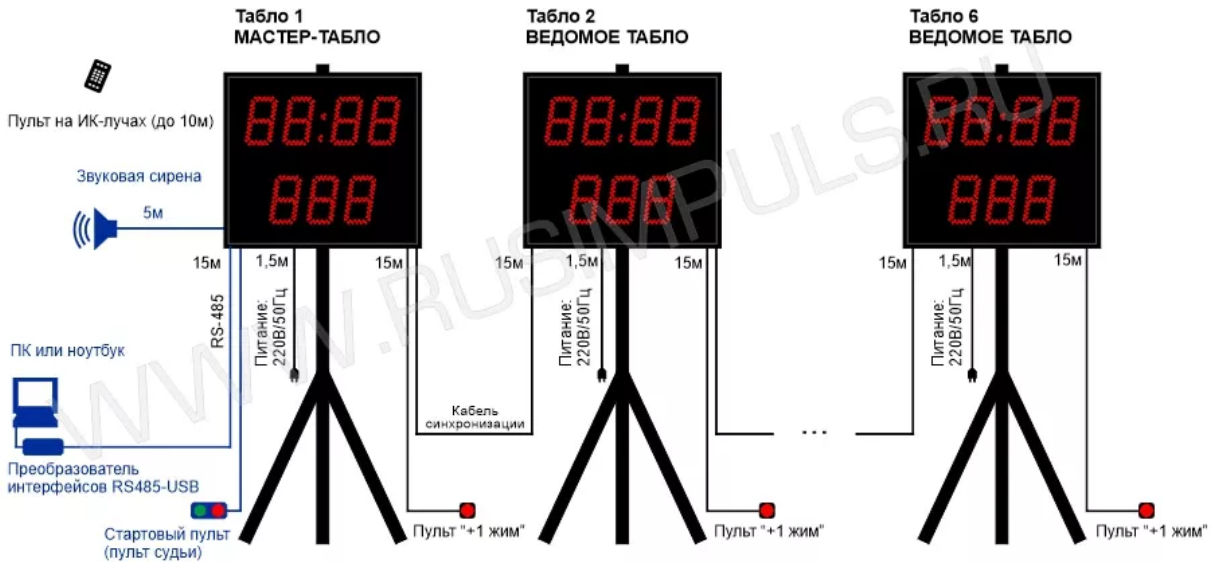


Рис. 1. Структура с «Главным» табло

Для реализации этой системы было выбрано 2 датчика (рис. 2): акселерометр и оптический датчик, но ввиду специфики регламента проведения соревнований по гиревому спорту использование акселерометра оказалось невозможны ввиду повышения общего веса гири [2].



а) б)

Рис. 2. Основные датчики: а) акселерометр, б) оптический датчик

В связи с этим оптический датчик является наилучшим, так как он фиксирует каждый подъем гири и отправляет на ПК команду «+/-1 жим». При этом остается проблема достоверности фиксации, поэтому работа судьи на помосте сводится к визуальному контролю выполнения упражнений и в случае нарушения нажатия кнопки на пульте «-1 жим» и остановку времени после окончания выполнения упражнения спортсменом.

К недостаткам использования оптического датчика можно отнести неудобство постоянное подстройки высоты треноги на которой установлена конструкция табло под рост каждого участника соревнований. Однако это можно решить или же предварительной настройкой треноги в период подготовки к выступлению, так как перед началом выполнения упражнения каждому спортсмену даётся 5 минут, или же установки на треноги дополнительной конструкции с большим диапазоном роста и небольшим шагом, чтобы в ходе соревнований можно было быстро перестроить рост под нового спортсмена.

Заключение

Таким образом, в работе предложена разработанная структура автоматизированной системы судейства для гиревого спорта, которая основа на дополнении структуры главного и ведомых табло оптическими датчиками. Такая система позволит осуществлять подсчёт подъемов не нарушая регламент соревнований.

К сожалению, такая система не сможет полностью заменить судейскую бригаду на соревнованиях, но поменяет и упростит его функцию. Судья сможет не концентрироваться на количестве подъемов гири, а будет сфокусирован только на отслеживание техники выполнения упражнения. Это сможет повысить объективность и точность судейства, за счёт минимизации нагрузки на человека.

В перспективе улучшение такой системы может быть связано с добавлением компьютерного зрения для упрощения не только подсчёта количества выполненных упражнений, но и для отслеживания техники.

Список литературы

1. Табло для гиревого спорта Импульс-710-D10x7 [Электронный ресурс]. URL: https://www.rusimpuls.ru/production/girevoy_sport/impuls_710_d10x7_ms3 (дата обращения 26.11.2025).

2. Правила вида спорта «Гиревой спорт» (утв. приказом Министерства спорта РФ от 29 января 2018 г. № 68).

УДК 004.94

ИНВЕРТОРНЫЙ СТАБИЛИЗАТОР ПЕРЕМЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ С СИНУСОИДАЛЬНЫМ ВЫХОДНЫМ СИГНАЛОМ

Ю.Н. Тыщук, канд. тех. наук, доцент [1, а)],
М.Д. Филиппов, студент [1, б)],
Т.А. Иванюк, студент [1, в)],
М.С. Беленко, студент [1, г)].
[1] ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,
Севастополь, Российская Федерация
E-mail: [а)] y.tyschuk@gmail.com, [б)] matveychik060704@gmail.com,
[в)] drimov.serafim@bk.ru, [г)] belenko2003@bk.ru

Аннотация: В статье рассмотрен инверторный стабилизатор сетевого напряжения, состоящий из входного фильтра, выпрямителя с функцией коррекции коэффициента мощности, инвертора, выходного выпрямителя и управляющего устройства. Для исследования использовался метод прямого

измерения и преобразования физических величин с помощью электронных средств измерения.

Ключевые слова: стабилизатор напряжения, полевой транзистор, инвертор, выпрямитель.

INVERTER AC VOLTAGE STABILIZER WITH SINUSOIDAL OUTPUT SIGNAL

Yu.N. Tyschuk [1, a)], **M.D. Filippov** [1, b)], **T.A. Ivanyuk** [1, c)], **M.S. Balenko** [1, d)].
[1] Sevastopol State University «SevSU», Sevastopol, Russia
E-mail: [a)] y.tyschuk@gmail.com, [b)] matveychik060704@gmail.com,
[c)] drimov.serafim@bk.ru, [d)] belenko2003@bk.ru

Abstract: This paper examines an inverter-based line voltage stabilizer. The device comprises an input filter, a power factor correction rectifier, an inverter, an output rectifier, and a control unit. The research employed the method of direct measurement and conversion of physical quantities using electronic measuring instrumentation.
Keywords: voltage regulator, FET, inverter, rectifier.

Введение

Современные бытовые приборы достаточно критичны к постоянству параметров сетевого напряжения питания. Исключить или свести к минимуму все эти недостатки позволяют стабилизаторы сетевого напряжения. Подобные стабилизаторы строятся по различным схемам. В зависимости от принципа работы существуют следующие типы стабилизаторов: феррорезонансные, электромеханические (сервоприводные), релейные, электронные (полупроводниковые), инверторные. Основным недостатком большинства из них является скачкообразное изменение выходного напряжения при изменении входного напряжения, что искажает форму выходного напряжения. Данного недостатка лишены инверторные стабилизаторы напряжения, позволяющие более точно следить на уровнем выходного напряжения и обеспечить форму выходного напряжения максимально близкую к синусоидальной.

Методы

Для достижения поставленной цели в работе необходимо решить следующие задачи:

– разработать структурную сетевого стабилизатора напряжения;

– разработать электрическую принципиальную схему стабилизатора напряжения.

Структурная схема (рис. 1) состоит из блоков, требуемых для правльного функционирования устройства и достижения поставленных целей.

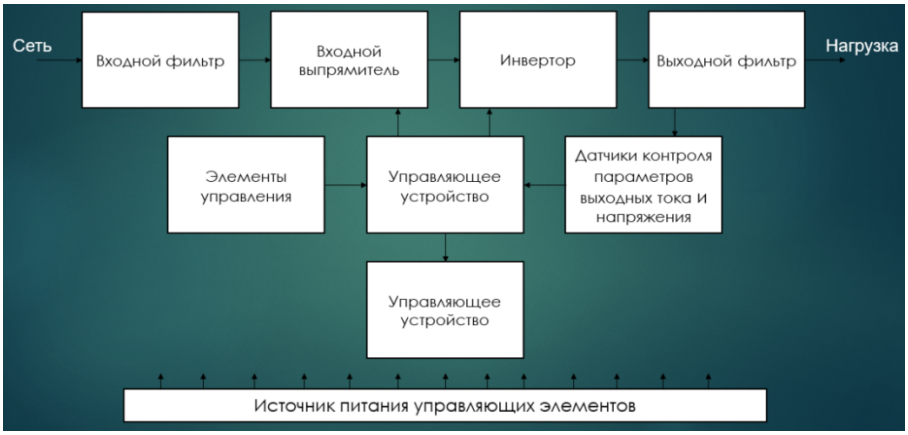


Рис. 1. Структурная схема инверторного стабилизатора

Избирательный выходной фильтр подавляет лишние гармоники (ВЧ составляющие), которые придают выходной форме далекий от «чистого» синуса вид [1].

На рис. 2 (средний график) представлены выходные напряжения преобразователя при использовании ФНЧ Чебышева и ФНЧ Баттерворта с частотой среза 50 Гц. Анализ показывает, что фильтр Чебышева сохраняет амплитуду первой гармоники, однако обеспечивает незначительное подавление третьей гармоники. Выходное напряжение имеет форму, близкую к синусоидальной, но амплитуда первой гармоники снижена. Повышение качества синусоиды может быть достигнуто лишь увеличением порядка передаточной функции фильтра. На третьем графике показана форма выходного напряжения преобразователя с синусоидальной модуляцией. В данном случае применялся ФНЧ Баттерворта 2-го порядка с частотой среза 250 Гц. Такой фильтр подавляет гармоники выше 1500 Гц, не влияя на уровень первой гармоники, что обеспечивает наилучшее приближение выходного сигнала к синусоиде. На двух нижних графиках показана форма входного и выходного нарпяжения при использовании фультра первого порядка с ШИМ, откуда видно, что такой подход дает наиболее удовлетворимый вариант.

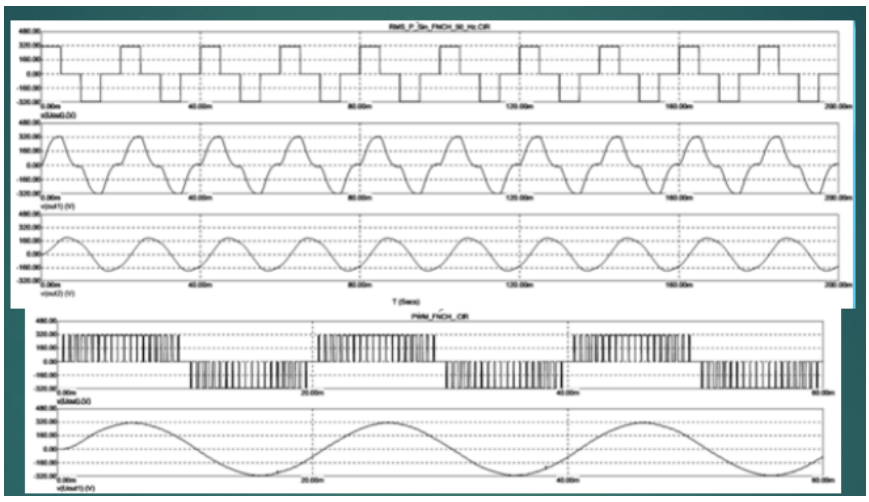


Рис. 2. Графики входных и выходных напряждений при разных подходах к фильтрации

Результаты

Зная методику фильтрации, структурную схему и способ работы инверторного стабилизатора напряжения иожно составить его принципиальную электрическую схему [2] (рис. 3).

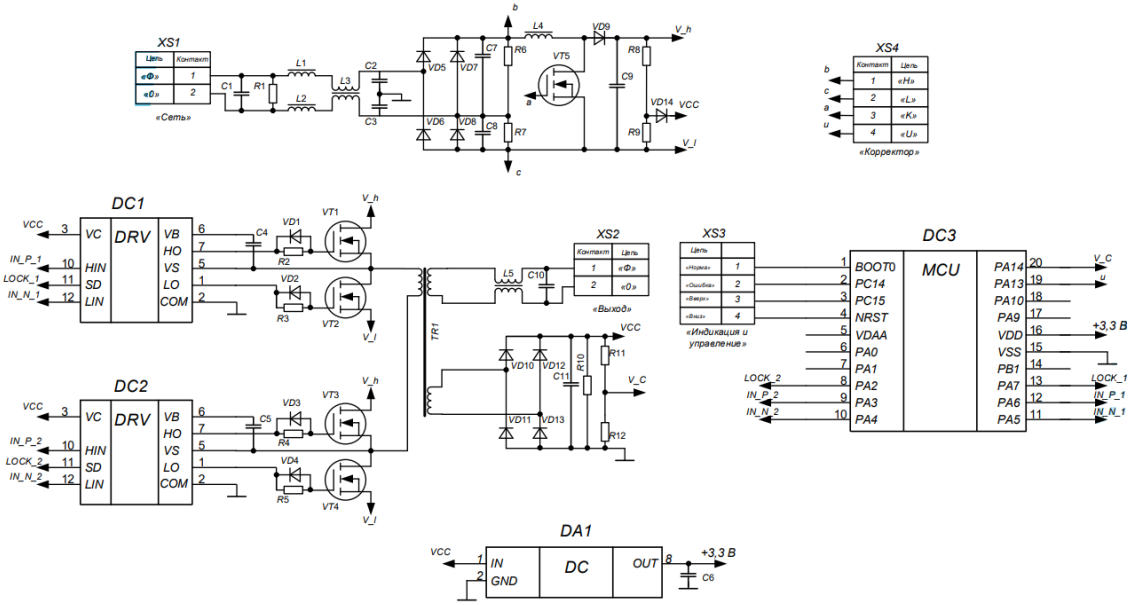


Рис. 3. Принципиальная электрическая схема инверторного стабилизатора напряжения

Заключение

Исследована эффективность применения импульсного сигнала с ШИМ для достижения требуемой формы напряжения и созданы структурная и принципиальная электрические схемы инверторного стабилизатора напряжения.

Список литературы

1. Воронин, П.А. Силовые полупроводниковые ключи: семейства, характеристики, применение / М.: Додэка-XXI. – 2001. – 384 с.

2. Гейтенко, Е.Н. Источники вторичного электропитания. Схемотехника и расчёт / М.: Солон-Пресс. – 2008. – 448 с.

УДК 004.942

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПЛАНИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ DATAOPS-АРХИТЕКТУРЫ И НАВЫКО-ОРИЕНТИРОВАННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ

М.Ю. Ибатулин, старший преподаватель [1, 2, a)]
[1]ФГАОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН», Москва, Российская Федерация
[2]ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет», Москва, Российская Федерация
E-mail: [a)] uits_stankin@mail.ru

Аннотация: Рассматривается проблема дефицита компетенций на промышленных предприятиях и ее влияние на производительность. Предлагается переход от традиционного хронологического управления персоналом к навыко-ориентированному подходу (skills-based resume). В качестве решения представлена DataOps-модель, интегрирующая данные о компетенциях сотрудников с производственными задачами. Предложен алгоритм прогнозирования степени соответствия для назначения исполнителей на операции с использованием машинного обучения. Приведены результаты симуляции внедрения модели на предприятии с высокотехнологичным оборудованием, демонстрирующие снижение задержек и повышение эффективности распределения ресурсов.
Ключевые слова: DataOps, DAMA DMBOK, навыко-ориентированное резюме, промышленная аналитика, машинное обучение, компетенции, соответствие компетенциям.

OPTIMIZATION OF PRODUCTION PLANNING BASED ON DATAOPS ARCHITECTURE AND SKILL-ORIENTED COMPETENCE MODELLING

M.Yu. Ibatulin [1, 2, a)]
[1]Moscow State University of Technology «STANKIN», Moscow, Russia
[2] MIREA – Russian Technological University, Moscow, Russia
E-mail: [a)] uits_stankin@mail.ru

Abstract: The article examines the problem of the competency deficit in industrial enterprises and its impact on productivity. A transition from traditional chronological personnel management to a skills-based approach is proposed. As a solution, a DataOps model integrating employee competency data with production tasks is presented. An algorithm for predicting the degree of compliance for assigning operators to operations using machine learning has been developed. The results of a simulation of the model implementation at an enterprise with high-tech equipment are

presented, demonstrating a reduction in delays and an increase in the efficiency of resource allocation.
Keywords: DataOps, DAMA DMBOK, skills-based resume, industrial analytics, machine learning, competencies.

Введение

Современный рынок труда и промышленное производство переживают фундаментальную трансформацию, движимую цифровизацией и усложнением производственных процессов. Традиционная парадигма управления персоналом, основанная на статичных должностных инструкциях и линейных карьерных траекториях (хронологических резюме), демонстрирует неэффективность в условиях динамической экономики. В ответ на эти вызовы формируется новый подход к представлению человеческого капитала – навыко-ориентированное управление персоналом.

В отличие от классического формата, навыко-ориентированное резюме фокусируется на детализированной карте компетенций [1]. Эта карта представляет собой структурированный набор конкретных навыков (hard skills: программирование ЧПУ, настройка сварки; soft skills: лидерство, решение проблем), каждый из которых имеет уровень владения (от 1 до 5) и подтверждающие свидетельства (сертификаты, цифровые бейджи, результаты тестирований). Такой подход превращает резюме в машиночитаемый цифровой актив, позволяя рассматривать сотрудника как носителя уникального набора компетенций.

Однако внедрение этого подхода сталкивается с серьезной проблемой: дефицит компетенций негативно влияет на производительность. Некорректное назначение сотрудников на задачи приводит к задержкам выполнения заданий, браку и простоям дорогостоящего оборудования. Традиционные методы планирования (MES/ERP) часто оперируют только наличием штата, игнорируя глубину конкретных навыков.

Методы

Методология исследования базируется на интеграции концепций управления данными (DAMA DMBOK) и практик промышленной аналитики. Реализация модели прогнозирования соответствия компетенций осуществляется через следующие этапы:

1. Архитектура данных. В соответствии с DAMA DMBOK [2], произведено формализованное описание предметных областей. Определены сущности: «Сотрудник» (с атрибутами навыков и уровней), «Оборудование» (требуемые компетенции для обслуживания) и «Производственное задание». Вместо привязки к должности используется проекция задач на пул доступных компетенций [3].

2. Сбор и интеграция данных. Используются разрозненные источники: HR-системы (карта навыков), LMS (сертификаты и оценки), MES (текущий статус заказов и оборудования) и ERP (план производства). Настроены ETL/ELT

пайплайны (с использованием Apache Airflow), обеспечивающие регулярную очистку, нормализацию и загрузку данных в единое хранилище Data Warehouse.

3. Инженерия признаков. Для построения модели компетенции и требования задач векторизуются. Уровни владения навыками (1–5) кодируются числовыми значениями. Учитывается вес сертификата (например, сертификат от производителя станка имеет больший вес, чем внутренний тест). Временные факторы (актуальность навыка, время последнего использования операции) включаются в вектор признаков для предотвращения "устаревания" компетенций в модели. Для учета устаревания навыков использовалась экспоненциальная функция затухания $e^{-\lambda t}$, где λ – коэффициент забывания, зависящий от типа навыка.

4. Моделирование и алгоритм. Для поиска результатов совпадений применяется гибридный подход. Первичный фильтр отсекает кандидатов, не имеющих обязательных сертификатов (например, допуск к работе на высоте). Далее применяется метрика сходства (например, косинусное расстояние или взвешенная сумма) между вектором требований задачи и вектором навыков сотрудника.

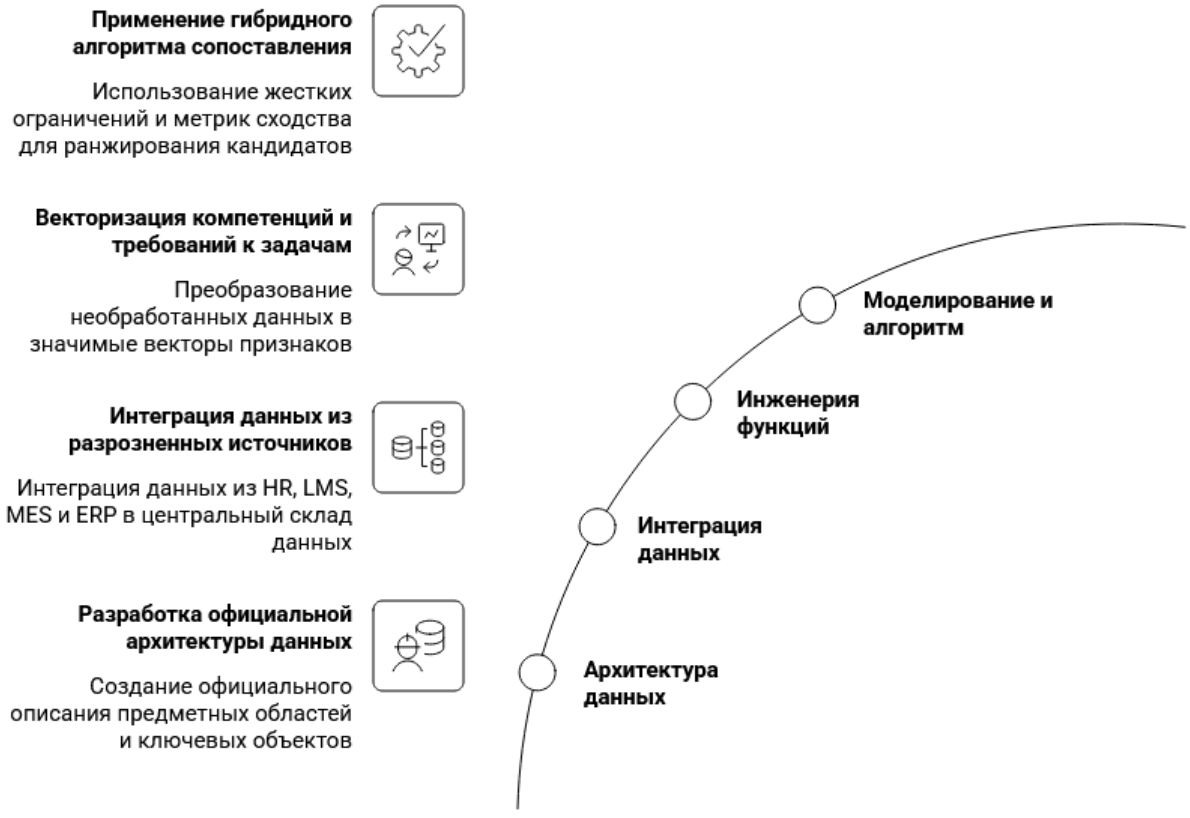


Рис. 1. Ключевые этапы внедрения системы соответствия компетенций

Результаты

Симуляция [4] внедрения системы проводилась на модельном примере предприятия машиностроительной отрасли с объемом парка 15 ЧПУ-станков и 8 сварочных постов. Смоделировано 120 сотрудников с разными наборами и

уровнями компетенций (например: «Программирование ЧПУ Siemens 840D - уровень 4», «Сварка MIG/MAG – уровень 3», «Чтение чертежей по ISO – уровень 5»). Планировочный горизонт составил 90 дней.

Таблица 1. Сравнение ключевых показателей до и после внедрения системы

Показатель (KPI)	До внедрения (ручное планирование)	После внедрения (data-driven планирование)	Изменение
Средний коэффициент соответствия компетенций назначенным задачам	0,65	0,82	+26%
Доля заданий, выполненных с задержкой	34%	25%	-26% (отн.)
Среднее время простоя станка (мин./смена)	47	28	-40%
Коэффициент использования ключевых компетенций (специалистов-экспертов)	78%	92%	+18%

Результаты

1. Рост соответствия компетенций: Система перераспределила задачи, переведя часть работ от формально подходящих по должности, но менее компетентных сотрудников, к сотрудникам с более высоким уровнем владения конкретными требуемыми навыками. Например, задача «Сварка ответственного шва на легированной стали» автоматически была назначена не просто «сварщику 5-го разряда», а сварщику с подтвержденным цифровым бейджем «Сварка легированных сталей MIG» и историей 100% успешных УЗК по таким швам.

2. Снижение задержек: Более точное соответствие привело к сокращению времени на доучивание/переделку и уменьшению количества ошибок, что напрямую отразилось на соблюдении сроков.

3. Снижение простоев: Алгоритм начал учитывать вторичные навыки, позволяя, например, оператору ЧПУ с подтвержденным навыком «Базовая наладка» выполнить переналадку станка без ожидания наладчика, что сократило межоперационные простои. Кроме того алгоритм показал снижение эффективности при назначении задач, требующих неявных знаний, которые сложно формализовать в цифровой карте навыков.

Заключение

Исследование подтвердило гипотезу о том, что применение data-driven подхода, объединяющего принципы DataOps, стандарты управления данными DAMA DMBOK и методы машинного обучения, позволяет эффективно решать проблему дефицита компетенций на промышленных предприятиях. Переход от планирования по должностям к планированию по динамическим картам навыков существенно повышает гибкость использования человеческого капитала. Созданная модель прогнозирования показала на симуляции

способность увеличивать среднее соответствие задач и исполнителей на 26% и снижать задержки выполнения заданий на 25%. Это напрямую ведет к росту производительности оборудования, соблюдению производственных графиков и снижению операционных рисков. Дальнейшие исследования должны быть направлены на адаптацию модели для учета более сложных зависимостей (например, синергии навыков в команде) и разработку интерфейсов, интегрирующих рекомендации системы в ежедневную работу диспетчеров и мастеров.

Список литературы

1. Чуланова О.Л. Управление компетенциями персонала : учебник / О.Л. Чуланова. — Москва : ИНФРА-М, 2024. — 232 с. — (Высшее образование: Магистратура). — DOI 10.12737/textbook_5a254bb67671e0.26628575. - ISBN 978-5-16-013567-0. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.ru/catalog/product/2142534 (дата обращения: 01.12.2025). – Режим доступа: по подписке.

2. DAMA-DMBOK : Свод знаний по управлению данными. Второе издание / Dama International [пер. с англ. Г. Агафонова]. — Москва : Олимп–Бизнес, 2020. — 828 с.: ил. ISBN 978-5-9693-0404-8.

3. Интеллектуальный анализ критических компетенций на российском онлайн рынке труда : монография / А.А. Алетдинова, М.Ш. Муртазина ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина, Кафедра автоматизированных систем управления. - Москва : РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2024. - 132 с. : ил., табл.; 21 см.; ISBN 978-5-91961-531-6 : 50 экз.

4. DMG MORI. DMU 125 P — Data Sheet / Technical Data [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.dmgmori.com/en-us/products/machines/dmu-p/dmu-125-p (дата обращения: 20.06.2025).

УДК 004.94

МЕТОДИКА ПРИМЕНЕНИЯ ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ АВТОНОМНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ В УПРАВЛЕНИИ ПРОМЫШЛЕННЫМИ ПРЕДПРИЯТИЯМИ

И.А. Бакулин, студент [1, a)]
[1] ФГАОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН», Москва, Российская Федерация
E-mail: [a)] bakhome14@gmail.com

Научный руководитель: Н.А. Бычкова, канд. техн. наук

Аннотация: В статье рассматриваются принципы децентрализованного производства и роль децентрализованных автономных организаций (DAO) в формировании новой архитектуры управления промышленными предприятиями. Показано, что DAO в контексте реального сектора следует понимать не как альтернативу традиционным формам корпоративного управления, а как технологический слой доверия, обеспечивающий прозрачность, верификацию и автоматическое исполнение обязательств между участниками производственной цепочки. Рассмотрены ограничения и проблемы внедрения DAO в промышленные системы, включая вопросы интеграции с корпоративными информационными системами (ERP, MES, SCADA) и обеспечения юридической определённости транзакций. Предложен новый метод применения DAO – как распределённого механизма доверенной автоматизации, объединяющего контрагентов и системы предприятия через смарт-контракты, оракулы и IoT-инфраструктуру.
Ключевые слова: децентрализованное производство, DAO, блокчейн, смарт-контракты, Web3, цифровизация, промышленное управление.

METHODOLOGY FOR APPLYING DECENTRALIZED AUTONOMOUS ORGANIZATIONS IN THE MANAGEMENT OF INDUSTRIAL ENTERPRISES

I.A. Bakulin [1, a)]
[1] Moscow State University of Technology «STANKIN», Moscow, Russia
E-mail: [a)] bakhome14@gmail.com

Scientific supervisor: N.A. Bychkova, Ph.D. in Tech. sciences

Abstract: The article discusses the principles of decentralized production and the role of decentralized autonomous organizations (DAO) in the new structure of management of industrial enterprises. It is shown that DAO in the context of the real sector should be understood not as an alternative to traditional forms of corporate governance, but as a technological layer of trust that ensures transparency, verification and automatic fulfillment of obligations between participants in the

production chain. The limitations and problems of implementing DAO in industrial systems are considered, including issues of integration with corporate information systems (ERP, MES, SCADA) and ensuring legal certainty of transactions. A new method of using DAO is proposed – as a distributed trusted automation mechanism that unites counterparties and enterprise systems through smart contracts, oracles and IoT infrastructure.
Keywords: decentralized production, DAO, blockchain, smart contracts, Web3, digitalization, industrial management.

Введение

Цифровизация промышленности сопровождается радикальной трансформацией принципов управления и координации процессов. Традиционная модель организации производства строится по иерархическому принципу: решения принимаются централизованно, контроль и ответственность сосредоточены в управленческих звеньях, а информационные системы служат инструментом сбора и обработки данных для последующего анализа человеком. Однако с развитием распределённых технологий и переходом к концепции децентрализованного производства становится возможным иное устройство производственных систем [6, 7]. В таких структурах производственные и управленческие функции распределяются между независимыми участниками, объединёнными цифровыми протоколами доверия.

Каждая сторона – поставщик, подрядчик, заказчик – взаимодействует напрямую через смарт-контракты, без посредников и централизованных координаторов. Традиционные корпоративные информационные системы (ERP, MES, CRM) слабо приспособлены для такой среды. Они основаны на централизованных базах данных и требуют единого администратора, что делает их уязвимыми и ограничивает возможности автоматизации. Для децентрализованного производства требуются иные программные решения, такие, где правила взаимодействия и контроля не задаются извне, а выполняются алгоритмически, внутри самой системы.

Такой подход реализуется через децентрализованные автономные организации (DAO) – цифровые структуры, где управление осуществляется коллективно, а все операции фиксируются в блокчейне (см. рис. 1). DAO можно рассматривать как логическое продолжение концепции децентрализованного производства, где не только обмен данными, но и само принятие решений становится распределённым.

Цель статьи – проанализировать сущность DAO, показать, почему для их функционирования требуются приложения нового типа, и определить, как эти принципы могут применяться в промышленной сфере.

DAO как форма децентрализованного управления производством

DAO – это организационная форма, основанная на автономном исполнении правил и коллективном управлении через смарт-контракты [3, 4]. По сути,

DAO – это цифровой код, воплощающий структуру прав, обязанностей и стимулов участников. Главное отличие DAO от традиционной компании состоит в том, что доверие здесь переносится из социальной плоскости в технологическую.

В классическом предприятии исполнение решений и контроль возлагаются на управленческий персонал, а в DAO – на программные алгоритмы, встроенные в блокчейн [5]. Если рассматривать DAO с позиции производственной логистики, то она выступает как распределённый управляющий слой, который может координировать действия различных узлов промышленной сети — цехов, поставщиков, сервисных подрядчиков – без единого диспетчера.

DAO не просто альтернативная форма корпоративного управления, а институциональный механизм децентрализованного производства, где экономическая и управленческая логика задаются кодом. Это требует принципиально иных ИТ-решений – не централизованных систем учёта, а модульных dApp-приложений, взаимодействующих через смарт-контракты и распределённое хранение данных.

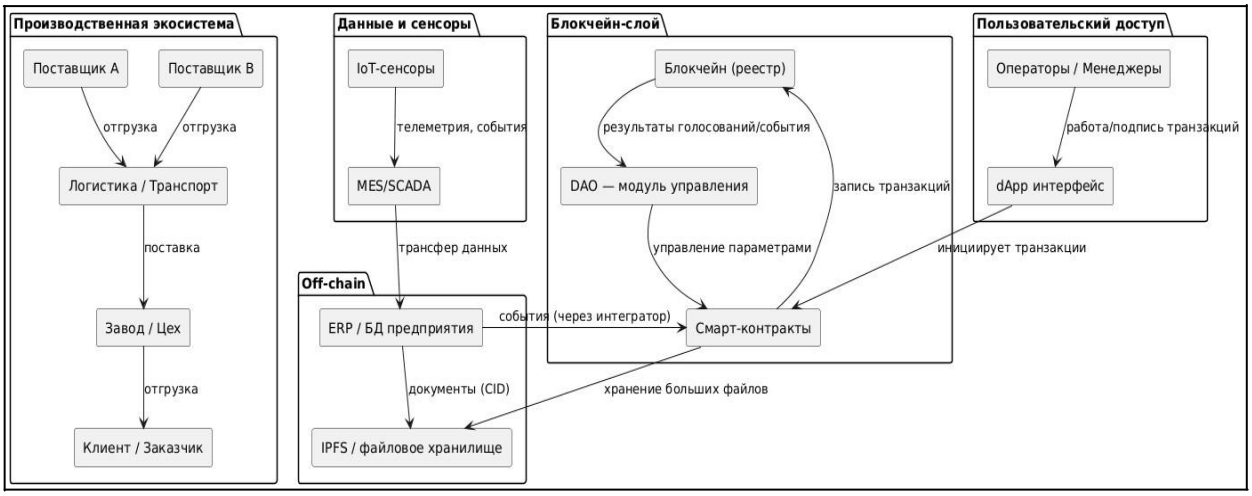


Рис. 1. Концепция децентрализованного производства и роль DAO в её структуре

Ограничения и проблемы внедрения DAO

Несмотря на растущий интерес, внедрение DAO в производственные системы сталкивается с рядом препятствий:

− Техническая надёжность. Ошибки в коде смарт-контрактов могут привести к утрате средств или сбоям, как показал случай The DAO в 2016 году;

− Масштабируемость. Современные публичные блокчейны ограничены по пропускной способности, что делает массовую автоматизацию процессов затруднительной;

− Юридическая неопределённость. В большинстве юрисдикций DAO не имеет правового статуса, что осложняет работу с договорами и ответственность сторон;

− Интерфейсная сложность. Пользователям без технических знаний трудно взаимодействовать с DAO-приложениями, что ограничивает их

распространение в корпоративной среде.

Однако эти проблемы постепенно решаются. Разрабатываются гибридные архитектуры, где DAO соединяется с традиционными ИС через API, используется распределённое хранение (IPFS), мультиподписи и независимые аудиторы кода. Всё это приближает DAO к возможностям промышленного применения [1, 7].

DAO в промышленности

Промышленные предприятия представляют собой сложные экосистемы, где взаимодействуют поставщики, подрядчики, производственные подразделения, службы контроля качества и финансовые отделы. Каждое звено этой системы оперирует собственными данными и внутренними правилами, а координация между ними осуществляется через иерархические процессы, бумажные документы и централизованные базы данных.

Такая структура надёжна, но остаётся уязвимой к человеческим ошибкам, задержкам и злоупотреблениям. В этом контексте децентрализованные автономные организации (DAO) способны предложить новую форму технологической интеграции — не замену иерархии, а уровень доверенной автоматизации, где контроль и исполнение обязательств закрепляются кодом смарт-контрактов, а не административными процедурами [2]. В отличие от привычных подходов к DAO, ориентированных на внутреннее корпоративное управление или распределённое голосование, промышленная модель предполагает использование DAO как технологического слоя доверия между организациями и системами, участвующими в одной производственной цепочке (рис. 2).

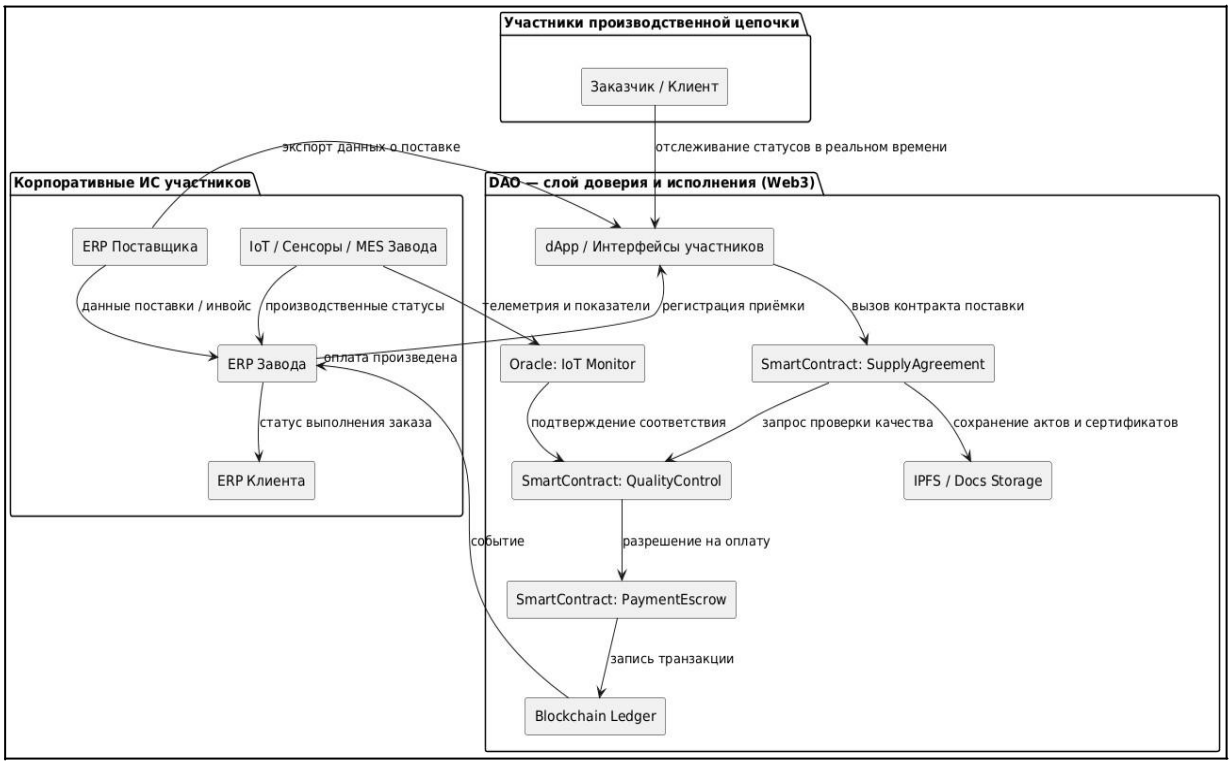


Рис. 2. DAO как слой доверия между контрагентами промышленной цепочки

В такой архитектуре DAO обеспечивает автоматическую фиксацию и проверку условий выполнения обязательств, а также выступает «механизмом исполнения» в случаях, когда выполнение можно формализовать в цифровой форме (рис. 3).

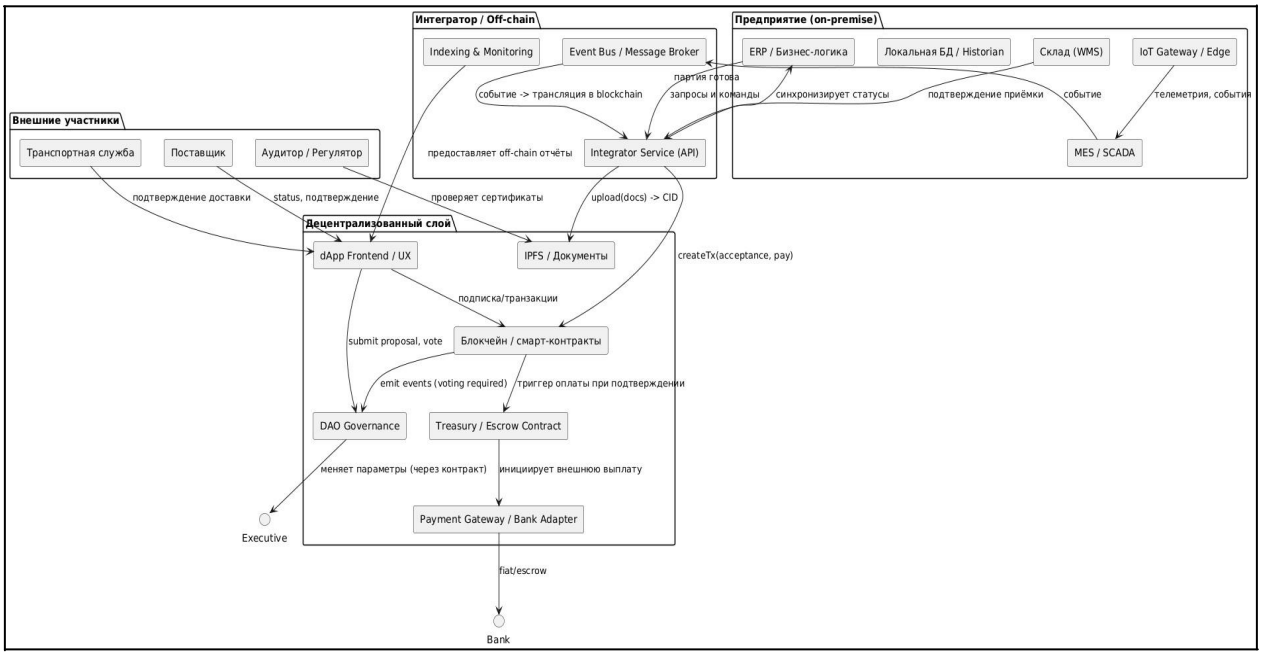


Рис. 3. Схема интеграции DAO в систему промышленного управления

Проведенный анализ показывает, что DAO может эффективно использоваться для:

– *Автоматизации закупок и оплаты по факту исполнения поставок.* Каждый этап поставки фиксируется в блокчейне. Когда IoT-сенсоры или системы ERP подтверждают выполнение условий договора, смарт-контракт инициирует оплату и создаёт запись в журнале аудита. Это исключает задержки и спорные ситуации между отделами закупок и бухгалтерией.

– *Контроля производственных параметров с использованием IoT-датчиков.* Данные о температуре, влажности, времени обработки и других параметрах поступают в оракул DAO, который автоматически сверяет их с заданными технологическими условиями. В случае отклонений система может формировать отчёт или приостанавливать оплату подрядчику до устранения несоответствий.

– *Управления совместными проектами в распределённых производственных сетях.* При реализации межзаводских или межрегиональных проектов DAO может фиксировать доли участия, степень выполнения работ и статус задач. Это упрощает взаимодействие между компаниями, работающими в одной цепочке создания стоимости, и снижает риски дублирования или сокрытия информации.

– *Прозрачного распределения прибыли и инвестиций между участниками консорциумов.* Смарт-контракты могут использоваться для учёта вложений, расчёта прибыли и автоматического распределения выплат между участниками

совместных производственных программ. При этом не требуется единый управляющий центр — расчёты выполняются на основе неизменных правил, хранящихся в блокчейне.

В долгосрочной перспективе развитие DAO-технологий в промышленности приведёт к формированию сетевых производственных экосистем, где участники объединены не корпоративной иерархией, а единым протоколом доверия. Это не отменяет существующих ERP- и MES-систем, а делает их частью более широкого технологического пространства, основанного на принципах прозрачности, автономного исполнения и цифровой верификации [1, 7].

Рекомендации по проектированию DAO для промышленного предприятия

Для системного внедрения DAO в инфраструктуру промышленного предприятия рекомендуется придерживаться следующего укрупнённого алгоритма проектирования, представленного в таблице 1.

Таблица 1. Алгоритм проектирования

Шаг	Цель	Основные действия	Результат	Примечания / инструменты
1. Определение области применения DAO	Выявить процессы, где требуется доверенная автоматизация	Анализ бизнес-процессов предприятия, оценка проблемных зон (дублирование данных, задержки, споры)	Определена область пилотного внедрения DAO	Используются методы BPM-анализа, интервью, картирование процессов
2. Моделирование контуров взаимодействия участников	Понять структуру взаимодействий между участниками	Определение ролей, каналов связи, данных и точек интеграции	Схемы BPMN или C4-модели «как есть» и «как должно быть»	Инструменты: Draw.io, PlantUML
3. Формирование бизнес-правил для смарт-контрактов	Определить условия, подлежащие автоматизации	Формализация логики поставок, контроля, расчетов, верификации параметров	Набор бизнес-правил — основа будущих смарт-контр актов	Проверка реализуемости условий в коде Solidity
4. Разработка архитектуры интеграции с ИС предприятия	Согласовать DAO с существующими ERP/MES системами	Определение точек подключения, проектирование API-шлюзов и микросервисов	Схема взаимодействия DAO и ИС без нарушения инфраструктуры	Используются REST API, GraphQL, event-driven архитектура

5. Выбор платформы и проектирование смарт-контрактов	Обеспечить технологическую реализацию DAO	Выбор блокчейн-платфор мы (Ethereum, Polygon, Hyperledger, Avalanche); разработка контрактов SupplyAgreement, Escrow, AuditLog	Создан прототип DAO-систем ы с ключевыми функциями	Хранилище документов — IPFS, Filecoin; язык Solidity
6. Настройка оракулов и децентрализованных идентификаторов	Обеспечить достоверность данных и аутентификаци участников	Подключение IoT-сенсоров и API через оракулы; реализация DID для участников	DAO получает достоверные внешние данные без посредников	Chainlink, API3, DID (W3C стандарт)
7. Тестирование и аудит DAO-контуров	Проверить корректность и безопасность DAO	Проведение пилотных испытаний и аудита смарт-контрактов	Подтверждена корректность логики и безопасность исполнения	Используются среды Remix, Hardhat, аудит кода — Certik/ OpenZeppelin
8. Постепенное масштабирование	Расширить применение DAO в компании	Распространение DAO-модели на другие отделы и внешние партнёрства	Формирование сети доверенных взаимодействий в промышленной экосистеме	Внедрение принципа «доверия через код» без изменения структуры

Заключение

Децентрализованные автономные организации формируют новый этап развития цифрового управления. В отличие от традиционных корпоративных систем, DAO строится на доверии к коду, а не к посреднику. Это создаёт предпосылки для появления нового типа производственных структур — децентрализованных предприятий, способных действовать автономно, гибко и прозрачно. Таким образом, перспективы DAO в промышленности связаны не с радикальной перестройкой управления, а с поэтапным переходом к инфраструктуре “доверия через код”, где роль человека сводится к постановке целей и анализу данных, а исполнение рутинных контрольных функций выполняется автоматически.

Список литературы

1. Волосникова А.М. Технологии DAO для повышения ценностной эффективности бизнеса // Скиф. Вопросы студенческой науки. – 2022. – № 70.

2. Манахова И.В., Колмыков К.А. Управление в сфере децентрализованных финансов на основе технологии блокчейн // Вестник СПбГУ. Экономика. – 2024. – № 40.

3. Ethereum Foundation. Decentralized Autonomous Organizations (DAO). URL: https://ethereum.org/ru/dao/.

4. Binance Academy. What is a DAO? URL: https://academy.binance.com/ru/articles/decentralized-autonomous-organizations-daos-explained
5. Imran Bashir. Mastering Blockchain. Packt Publishing, 2018. – 656 с.
6. Daniel Drescher. Blockchain Basics. Apress, 2017. – 270 с.
7. Намиот Д.Е., Куприяновский В.П. Архитектурные модели Web3. // International Journal of Open Information Technologies. – 2024. – № 2.

УДК 004.65

ВОЗНИКНОВЕНИЕ ПОРОЖДЕНИЯ ЗАДВОЕННОСТИ КАК СИСТЕМНЫЙ ПАРАДОКС

О.А. Лобанов, аспирант [1, а)],
В.Е. Петров, канд. техн. наук, доцент [1, б)]
[1] ФГАОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН», Москва, Российская Федерация
E-mail: [а)] lobanov98oleg@mail.ru, [б)] cu58@mail.ru

Аннотация: Исследуется системный парадокс задвоенности – непреднамеренного возникновения двух взаимосвязанных элементов, отражающих одну сущность. Авторы проводят критическое разграничение между целенаправленным дублированием (как инструментом обеспечения надежности) и задвоенностью как эмерджентным свойством системы. Центральным результатом работы является классифицировать задвоенность как полезная, нейтральная и вредная. На основе анализа предложены критерии дифференциации типов задвоенности. Осознанное управление задвоенностью, основанное на ее типологии, позволяет повысить надежность и эффективность сложных систем, усиливая полезные и устраняя вредные проявления данного парадокса.
Ключевые слова: задвоенность, дублирование, двойная запись, системный анализ, классификация, управление данными, информационные системы.

THE EMERGENCE OF THE GENESIS OF INVOLUTIVE DOUBLING AS A SYSTEMIC PARADOX

O.A. Lobanov [1, a)], **V.E. Petrov** [1, b)]
[1] Moscow State University of Technology «STANKIN», Moscow, Russia
E-mail: [a)] lobanov98oleg@mail.ru, [b)] cu58@mail.ru

Abstract: This study investigates the systemic paradox of involutive doubling (zadvoennost) – the unintentional emergence of two interconnected elements representing a single entity. The authors draw a critical distinction between

purposeful duplication (as a tool for ensuring reliability) and involutive doubling as an emergent property of a system. The central outcome of this work is the classification of involutive doubling into beneficial, neutral, and detrimental types. Based on the analysis, criteria for differentiating between these types are proposed. Conscious management of involutive doubling, grounded in its typology, enables an increase in the reliability and efficiency of complex systems by reinforcing its beneficial manifestations and eliminating detrimental ones.
Keywords: doubling (zadvoennost), duplication, redundancy, double-entry bookkeeping, systems analysis, classification, data management, information systems.

Введение

Понятие избыточности в системах часто ассоциируется с негативными последствиями: ростом энтропии, нерациональным использованием ресурсов, ошибками. Однако избыточность может быть как деструктивной, так и конструктивной. В данной работе мы фокусируемся на частном случае избыточности – задвоенности, определяемой как непроизвольное возникновение двух связанных или параллельных элементов, отражающих один объект или процесс с разных сторон. Критически важно отделить задвоенность от дублирования – намеренного создания полной копии для обеспечения надежности или доступности. Задвоенность не планируется как копия; она возникает из внутренней логики системы.

Основная часть

Под *дублированием* понимается следующее – управляемый процесс создания идентичной резервной копии (дубликат базы данных, backup файла). Цель – обеспечение отказоустойчивости. Дубликат функционально эквивалентен оригиналу и в нормальном режиме может его заместить.

Под *задвоенностью* понимается следующее – вынужденное свойство системы, при котором одна сущность неизбежно проявляется в двух взаимосвязанных ипостасях. Эти ипостаси не тождественны и не взаимозаменяемы. В дальнейшем будем работать только с задвоенностью[1].

Полезная задвоенность встроена в систему для реализации **ключевых функций**: контроля, баланса и обеспечения целостности.

Рабочий пример: система двойной записи в бухгалтерском учете. Каждая финансово-хозяйственная операция отражается одновременно по дебету одного счета и кредиту другого на одинаковую сумму. Это не дублирование одной записи, а фиксация двух сторон явления: источника ценности и ее назначения.

Полезность: задвоенность «дебет-кредит» создает встроенный механизм контроля. Итоговая сумма всех дебетовых оборотов должна всегда равняться сумме всех кредитовых оборотом. Нарушение этого равенства (баланса) мгновенно сигнализирует об ошибке[2]. Таким образом, непроизвольная (с точки зрения отдельной операции) задвоенность превращается в мощнейший

инструмент верификации данных и обеспечения финансовой целостности. Это пример информационной избыточности, повышающей надежность системы.

Нейтральная задвоенность, которая не приносит существенной пользы, но и не наносит явного вреда в данных условиях функционирования системы. Часто является артефактом развития системы или следствием слабой связи между ее модулями.

Пример: два отдела одной компании (например, маркетинг и R&D) независимо собирают схожую рыночную статистику для внутренних нужд. Задвоенность в сборе данных возникла спонтанно, а не по плану резервирования. Пока объем данных невелик, а процессы не скоординированы, это нейтральное явление. Однако такая задвоенность обладает латентным потенциалом перехода в разряд вредных (при росте затрат) или полезных (если данные начнут сравнивать и перепроверять).

Вредная задвоенность, которая приводит к путанице, увеличению транзакционных издержек, противоречиям и ошибкам.

Примеры:

1. Задвоенность записей в неинтегрированных базах данных. Один и тот же клиент может быть внесен в CRM-систему и в систему бухгалтерии с небольшими различиями достаточной в графе записи. Это непроизвольная задвоенность (не бэкап), которая порождает проблемы при консолидации данных, рассылке коммуникаций и анализе [3].

2. Непреднамеренное создание двух функционально идентичных отделов в результате реорганизации. Отделы начинают конкурировать за ресурсы, дублировать усилия (но не согласованно, как при полезной задвоенности), что ведет к конфликтам и неэффективности [4].

3. Задвоенность счетов или документов (черновик и «случайно» сохраненная под другим именем копия), где версия теряется, и работа выполняется дважды [5].

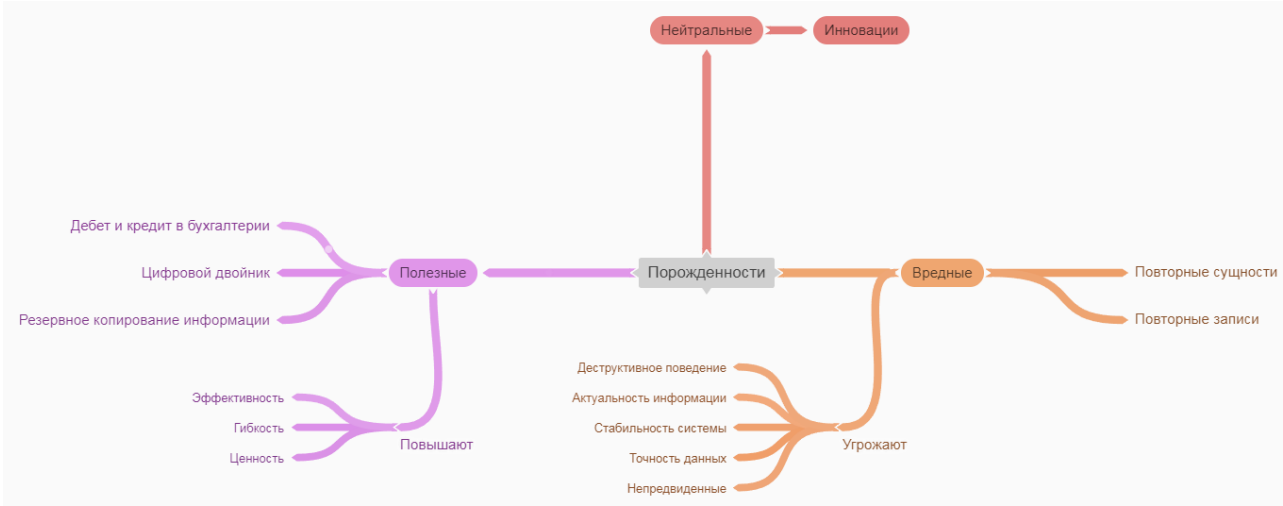


Рис. 1. Возможные порожденности данных

Определение характера задвоенности контекстуально и динамично. Ключевые критерии:

- наличие обратной связи и контроля: полезная задвоенность имеет замкнутый контур контроля (как дебет с кредитом);
- синхронизация элементов: при вредной задвоенности элементы расходятся во времени и содержании;
- целесообразность издержек: полезность оценивается отношением выгоды от контроля/баланса к затратам на поддержание задвоенности;
- намеренность создания: в отличие от дублирования, ни один тип задвоенности не создается изначально как копия.

Заключение

Задвоенность как форма непреднамеренной избыточности представляет собой амбивалентный системный парадокс. Ее оценка не может быть категоричной и должна основываться на анализе функций и контекста. Модель двойной записи в бухгалтерии является эталонным примером полезной задвоенности, где бинарность «дебет-кредит» трансформируется из кажущегося дублирования в основу для баланса и контроля. В то же время, в других системах та же структурная особенность может приводить к конфликтам и ошибкам.

Понимание различий между ***задвоенностью*** и ***дублированием***, а также умение классифицировать задвоенность, позволит через интеллектуальный анализ данных управленцам целенаправленно усиливать полезные проявления этого парадокса, корректно отслеживая нейтральные и устранять влияние вредных, тем самым повышая общую эффективность и надежность сложных систем.

Список литературы

1. Лобанов О.А. Петров В.Е. Последствия влияния задвоенной записи на процесс управления качеством данных // Сборник материалов VII Международного научного форума профессорско-преподавательского состава и молодых ученых. Москва, 2025.

2. Протасов М.В. Систематизация научных подходов к дефиниции «капитал» как экономической и бухгалтерской категории // Учет. Анализ. Аудит. 2023. №4.

3. Конева М.В. Развитие учетно-контрольной системы расчетов с поставщиками риэлторских услуг с применением икт в организациях строительной отрасли // ЕГИ. 2022. №1 (39).

4. Бобров Е.В., Ткачёв А.А. Задвоенная ответственность контролирующих лиц в процедурах банкротства // Образование. Наука. Научные кадры. 2024. № 1. С. 145-150

5. Алимов А.А. Преимущества и недостатки программного обеспечения «1С бухгалтерия» // Форум молодых ученых. 2019. № 6. С. 105-108

6. Кузнецов А.В. Язык бизнеса: секреты терминов «Дебет» и «Кредит» в бухгалтерском учете // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 5: Экономика. 2017. №2 (200).

7. Лобанов О.А. Петров В.Е. Формирование цифровой культуры как основа ввода данных // Материалы журнала «Научный аспект №5-2024» - под номером 05/24-20-111 в базе издательства.

УДК 658.5

ВНЕДРЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ПРОЦЕСС

Э.Р. Жданов, канд. физ.-мат. наук[1, а)]
О.С. Харина, канд. экон. наук[1, б)]
Е.Ю. Козлов, студент[1, в)]
Д.В. Ермаков, студент[1, г)]
В.Е. Петров, канд. техн. наук, доцент [2, д)]
[1] ФГБОУ ВО «РТУ «МИРЭА», Москва, Российская Федерация
[2] ФГАОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН», Москва, Российская Федерация
E-mail: [а)] zhdanov@ufanet.ru, [б)] olgakharina12@yandex.ru,
[в)] kozlow_ewgeniy@mail.ru, [г)] 6488311@mail.ru, [д)] cu58@mail.ru

Аннотация: в статье рассматриваются вопросы интеграции искусственного интеллекта в производственные процессы в контексте цифровой трансформации промышленности. Анализируются ключевые направления применения интеллектуальных систем на различных этапах жизненного цикла продукции – от проектирования до эксплуатации и технического обслуживания.
Ключевые слова: искусственный интеллект, цифровая трансформация, производственные процессы, управление производственным процессом, интеллектуальные системы.

THE INTRODUCTION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE INTO THE PRODUCTION PROCESS

E.R. Zhdanov [1, a)], **O.S. Kharina** [1, b)], **E.Y. Kozlov** [1, c)],
D.V. Ermakov [1, d)], **V.E. Petrov** [2, e)]
[1] Russian Technological University «MIREA», Moscow, Russia
[2] Moscow State University of Technology «STANKIN»,
Moscow, Russia
E-mail: [a)]zhdanov@ufanet.ru, [b)]olgakharina12@yandex.ru,
[c)] kozlow_ewgeniy@mail.ru, [d)]6488311@mail.ru, [e)] cu58@mail.ru

Abstract: the article discusses the integration of artificial intelligence into production processes in the context of the digital transformation of industry. The key areas of application of intelligent systems at various stages of the product lifecycle, from design to operation and maintenance, are analyzed.
Keywords: artificial intelligence, digital transformation, production processes, production optimization, intelligent systems.

Введение

Современный этап развития промышленности характеризуется активным проникновением цифровых технологий во все сферы производственной деятельности. Этот процесс знаменует переход к новому укладу организации производственных систем. Ключевую роль в данной трансформации играет искусственный интеллект, эволюционирующий от инструмента поддержки решений до основного компонента управляющих контуров технологических процессов.

Интеллектуальные алгоритмы предлагают новые возможности для анализа данных, прогнозирования и автоматизации задач, традиционно требующих высокой квалификации персонала. Интеграция ИИ в производственные цепочки позволяет не только повысить операционную эффективность, но и создать основу для адаптивных, самонастраивающихся производственных комплексов. Однако практическая реализация этого потенциала сопряжена с решением комплекса технологических и организационных задач, связанных с адаптацией инфраструктуры, управлением данными и подготовкой кадров. Целью работы является анализ актуальных направлений и методов внедрения технологий искусственного интеллекта в производственные процессы, а также систематизация условий их успешной интеграции.

Основная часть

Практическое внедрение технологий искусственного интеллекта в производство носит многоуровневый характер и затрагивает ключевые этапы жизненного цикла изделия. Анализ опыта промышленных предприятий позволяет выделить несколько наиболее значимых направлений, которые отличаются в зависимости от того, какие именно технологии искусственного интеллекта применяются [1].

Существенный практический результат демонстрирует использование интеллектуальных систем в планировании и управлении производством. Интеграция AI-алгоритмов в системы MES и ERP позволяет в режиме реального времени анализировать данные о состоянии оборудования, ходе выполнения работ и качестве материалов [2]. На основе этого анализа осуществляется динамическая оптимизация производственных графиков и маршрутов обработки продукции, что приводит к минимизации простоев, устранению «узких мест» и повышению общего коэффициента эффективности оборудования.

Другой областью применения инструментов искусственного интеллекта являются проектирование и инженерный анализ. Алгоритмы генеративного проектирования, функционирующие в рамках заданных ограничений по прочности, массе и стоимости, способны генерировать множество вариантов оптимизированных конструкций. Это позволяет не только сократить временные затраты на этапе НИОКР, но и выявить нетривиальные решения, повышающие эксплуатационные характеристики конечных изделий. Дополнительный эффект достигается за счет использования методов машинного обучения для прогнозной оценки поведения цифровых моделей в условиях, приближенных к реальным, что сокращает объем дорогостоящих натурных испытаний. Данный функционал полезен на этапе создания и проектирования будущей продукции [3].

Наиболее массовое применение инструментов искусственного интеллекта на текущий момент находят решения в области контроля качества и предиктивного технического обслуживания. Системы машинного зрения показывают высокую эффективность в задачах автоматизированного визуального контроля, превосходя по точности и скорости традиционные методы. Они позволяют надежно детектировать дефекты и отклонения геометрических параметров.

Внедрение технологий искусственного интеллекта предоставляет широкие возможности для автоматизации множества процессов [3], но требует комплексного подхода, включающего несколько взаимосвязанных компонентов:

– формирование цифровой инфраструктуры: необходимо создание единого информационного пространства на основе промышленных IoT-решений, обеспечивающего сбор и обработку данных в реальном времени;

– разработка и адаптация алгоритмов: требуется использование специализированных платформ для машинного обучения и предиктивной аналитики, настроенных под специфику конкретного производства;

– интеграция с существующими системами: обеспечение взаимодействия AI-модулей с системами управления предприятием через стандартизированные протоколы обмена данными.

Важнейшим условием успешной цифровой трансформации становится адаптация человеческого капитала к новым производственным реалиям. Внедрение интеллектуальных систем требует формирования команд, способных не только эксплуатировать готовые решения, но и участвовать в их доработке и адаптации. Особое значение приобретают программы переподготовки инженерно-технического персонала, направленные на развитие компетенций в области работы с большими данными и машинным обучением. Параллельно необходима трансформация организационной структуры предприятия, включающая создание кросс-функциональных групп, объединяющих специалистов по технологиям, аналитике и производственным процессам.

Также важно учесть, что с увеличением уровня автономности производственных комплексов возрастают требования к кибербезопасности и отказоустойчивости технологических решений. Разработка многоуровневой

системы защиты должна учитывать как традиционные угрозы промышленных сетей, так и специфические риски, связанные с использованием алгоритмов искусственного интеллекта. Критически важным становится внедрение механизмов мониторига принимаемых AI-решений, особенно в задачах управления критически важными производственными активами. Одновременно требуется создание архитектуры, обеспечивающей непрерывность технологических процессов даже при частичном выходе из строя интеллектуальных модулей.

Заключение

Внедрение технологий искусственного интеллекта в производственные процессы представляет собой стратегический вектор развития современной промышленности. Проведенный анализ демонстрирует, что эффективная интеграция AI-решений возможна лишь при системном подходе, объединяющем технологическую модернизацию, развитие кадрового потенциала и адаптацию управленческих моделей. Ключевыми преимуществами становятся повышение гибкости производственных систем, оптимизация использования ресурсов и создание основы для принципиально новых решений. Дальнейшее развитие интеллектуальных производственных комплексов будет определяться способностью предприятий эффективно комбинировать технологические инновации с организационными изменениями, обеспечивая совместный эффект от цифровой трансформации.

Работа выполнена за счет средств Государственного задания №FSFZ-2024-0048.

Список литературы

1. ГОСТ Р 59277-2020. Национальный стандарт Российской Федерации. Системы искусственного интеллекта. Классификация систем искусственного интеллекта.

2. Антонова И.И., Смирнов В.А., Ефимов М.Г. Интеграция искусственного интеллекта в ERP-системы: достоинства, недостатки и перспективы // Russian Journal of Economics and Law. 2024. № 3. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/integratsiya-iskusstvennogo-intellekta-v-erp-sistemy-dostoinstva-nedostatki-i-perspektivy (дата обращения: 27.09.2025).

3. Бабкин А.В., Михайлов П.А. Методика выбора и внедрения технологий искусственного интеллекта для предприятий и кластерных экосистем в условиях индустрии 5.0 // Вестник академии знаний. 2024. № 4 (63). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/metodika-vybora-i-vnedreniya-tehnologiy-iskusstvennogo-intellekta-dlya-predpriyatiy-i-klasternyh-ekosistem-v-usloviyah-industrii-5 (дата обращения: 27.09.2025).

УДК 004.94

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЛН ФУНКЦИОНАЛЬНО-ВОКСЕЛЬНЫМ МЕТОДОМ

А.Б. Яров, аспирант [1, a)]
[1] ФГАОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН», Москва, Российская Федерация
[a)] E-mail: ab.yarov@yandex.ru

Научный руководитель: А.В. Толок, д-р техн. наук.

Аннотация: В работе рассматривается применение функционально-воксельного метода (ФВМ) для моделирования распространения и взаимодействия волн с препятствиями. Целью исследования является снижение влияния ограничений классических численных методов (связанных с дискретизацией и аппроксимацией) и упрощение учета геометрии и расширение возможностей аналитических представлений. В качестве базового решения используется аналитическое выражение для сферической гармонической волны. На его основе построена модель, демонстрирующая ключевые волновые явления: экранирование, отражение, интерференцию и дифракцию. Дифракция учтена в рамках геометрической теории дифракции путем введения дополнительных источников в точках неоднородности препятствия. Моделирование реализовано с использованием неявного задания геометрии сцен и свойств волн посредством R-функций. В результате создана функционально-воксельная модель, где каждый элемент (воксель) содержит мгновенное значение волнового поля. Данный подход обеспечивает гибкость для дальнейшего усложнения модели (добавления новых препятствий) и детального анализа волновых процессов.
Ключевые слова: функционально-воксельный метод (ФВМ), моделирование волн, геометрическая теория дифракции, аналитическое решение, R-функции, интерференция, отражение, дифракция.

COMPUTER MODELING OF WAVES USING THE FUNCTIONAL VOXEL METHOD

A.B. Yarov [1, a)]
[1] Moscow State University of Technology «STANKIN», Moscow, Russia
[a)] E-mail: ab.yarov@yandex.ru

Scientific supervisor: A.V. Tolok, Dr. of Science.

Abstract: This paper explores the application of the Functionally Voxel Method (FVM) for modeling wave propagation and interaction with obstacles. The aim of the

research is to overcome the limitations of classical numerical methods (related to discretization and approximation) and the complexity of exact analytical solutions. An analytical expression for a time-harmonic spherical wave (spherical wave) is used as the basic solution. Based on this, a model is constructed that demonstrates key wave phenomena: attenuation, reflection, interference, and diffraction. Diffraction is accounted for within the framework of the Geometrical Theory of Diffraction by introducing additional sources at the points of inhomogeneity on the obstacle. The modeling is implemented using an implicit definition of scene geometry and wave properties via R-functions. As a result, a functionally voxel model is created, where each element (voxel) contains the instantaneous value of the wave field. This approach provides flexibility for further model complexity (adding new obstacles) and detailed analysis of wave processes.
Keywords: Functionally Voxel Method (FVM), wave modeling, Geometrical Theory of Diffraction (GTD), analytical solution, R-functions, interference, reflection, diffraction.

Введение

Современное компьютерное моделирование волн заключается в использовании численного метода моделирования, при котором используется дискретизация пространства и численное приближение решения во времени/по итерациям. Аналитические решения, как правило, обладают высокой точностью, однако часто применимы лишь для упрощённых постановок. Для сложных геометрий и условий выражения становятся громоздкими, что затрудняет практическое использование. Функционально-воксельный метод (ФВМ) [1-3] может помочь упростить и расширить возможности в использовании аналитических решений на компьютере.

Постановка задачи

Одной из простых задач моделирования распространения волн является экранирование сигнала. Такие задачи решают инженеры при проектировании точек доступа радиосигналов и передачи данных. Как известно волны обладают такими основными свойствами как интерференция, дифракция, а при распространении в пространстве отражаются от объектов.

Теория

В основе разработанной функционально-воксельной модели лежит использование геометрической теории дифракции, а также аналитического решения волнового уравнения для гармонической сферической волны (1).

$$S = \frac{A_0}{r} \sin(\omega t - kr + \varphi_0) \quad (1)$$

Для демонстрации процессов отражения, интерференции и дифракции был добавлен объект в виде отрезка, который влияет на её распространения в точках

A (–1.5; –4.5), B (–4.5; –1.5). Процесс моделирования состоит из поочерёдных шагов, начиная с создания источника и самих и постепенно добавляя функции с моделируемыми свойствами волны.

Для экранирования взят новый источник с более слабым сигналом и с помощью теоретико-множественных операций Рвачёва оставлена только часть, волн, которая идёт за препятствием.

Отражение волны смоделировано как отзеркаленный источник волн для обратной зоны основной волны. ФВМ на уровне локальных геометрических характеристик относительно быстро складывает значения этих волн с учётом интерференции.

Из постулатов геометрической теории дифракции [4] следует, что лучи дифракционных волн порождаются не всеми падающими лучами, а только теми, которые падают на неоднородные участки объекта. В нашем случае это две крайние точки отрезка. Соответственно для создания более физически корректной модели необходимо включить в этих точках дополнительные источники волн, но с другими параметрами. Параметры дифракционных источников на кромках отрезка задаются через значение падающего поля в соответствующих точках. В частности, возбуждение вторичного источника принимается равным мгновенному значению основной волны в точке кромки

$$u_{wave2}(t) = \frac{A_{0wave1}}{r_{wave2-1}} \sin(\omega t - \vec{k} r_{wave2-1} + \varphi_0), \quad (2)$$

где $r_{wave2-1}$ – расстояние между границей препятствия и основным источником волны;

Т.е. таким образом связываем основную функцию источника с дифракционным источником этого препятствия.

Результаты экспериментов

Результатом моделирования является функционально-воксельная модель, которая построена на математическом представлении аналитической функции, заданной в неявном виде.



M1 M2 M3 M4 M5

Рис. 1. Полученные М-образы созданной модели

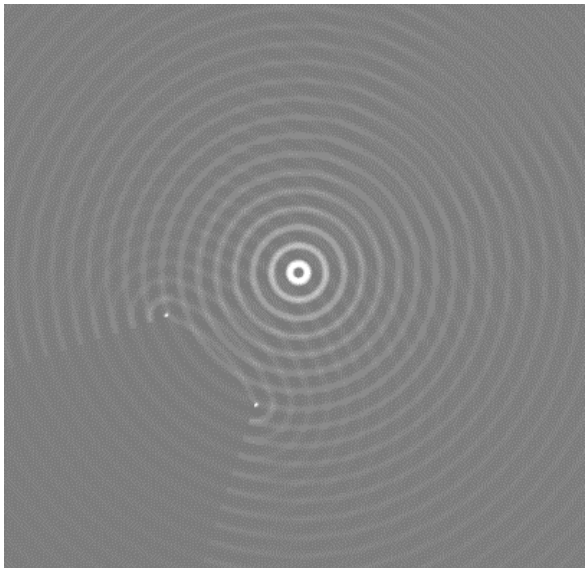


Рис. 2. Модель распространения волны через препятствие

Заключение

Полученная ФВ модель позволяет не только визуально оценить компьютерное решение, но и далее добавлять к уже имеющемуся в компьютерной модели источнику дополнительные препятствия, анализируя волну, так как в каждой точке области М-образов моделируется локальная функция, отражающая соответствующее состояние u_{wave2} волны, получаемой от заданного источника.

Список литературы

1. Толок А.В. Функционально-воксельный метод в компьютерном моделировании / Под ред. академика РАН С.Н. Васильева. М.: Физматлит, 2016. 112 с.

2. Толок А.В., Толок Н.Б. Локальная компьютерная геометрия. Учебное пособие. 2-е изд., перераб. М.: Ай Пи Ар Медиа, 2025. – 228 с.

3. Толок А.В., Толок Н.Б. Моделирование решения обыкновенного дифференциального уравнения функционально-воксельным методом // Научная визуализация. 2024. Т. 16, № 3. С. 37-47.

4. Боровиков В.А., Кинбер Б.Е. Геометрическая теория дифракции. М.: Связь, 1978. 248 с.

УДК 528:004

КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ МАРШРУТОВ В ОГРАНИЧЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Е.Е. Бондарь, аспирант [2, а)]
В.В. Бритвина, канд. пед. наук, доцент [1, 2, 3, б)]
[1] ФГАОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН», Москва, Российская Федерация
[2] МФПУ «Синергия», Москва, Российская Федерация
[3] ФГАОУ ВО «Московский политехнический университет»
E-mail: [а)] eug_bondar@vk.com, [б)] saaturn2015@mail.ru

Аннотация: Предлагается концептуальная модель поиска и оптимизации маршрутов в ограниченных и меняющихся условиях, актуальная для транспорта, логистики и спасательных операций. Модель совмещает гетерогенные и многопоточные данные в атрибутный граф. Для поиска предлагается использовать двухэтапную схему – черновые маршруты с последующим уточнением. Показана применимость подхода для повышения эффективности, безопасности и снижения рисков.
Ключевые слова: горная логистика, многокритериальная оптимизация, задача поиска пути, концептуальная модель.

A CONCEPTUAL MODEL OF INTELLECTUAL ROUTE OPTIMIZATION UNDER CONSTRAINTS

E.E. Bondar [2, a)], **V.V. Britvina** [1, 2, 3, b)]
[1] MSUT "STANKIN", Moscow, Russia
[2] Moscow University for Industry and Finance "Synergy", Moscow, Russia
[3] Moscow Polytechnic University, Moscow, Russia
E-mail: [a)] eug_bondar@vk.com, [b)] saaturn2015@mail.ru

Abstract: A conceptual model for route search and optimization in constrained and changing conditions is proposed, relevant for transportation, logistics, and rescue operations. The model combines heterogeneous and multi-stream data into an attribute graph. A two-stage search is proposed: a rough route followed by refinement. The applicability of the approach to improving efficiency, safety, and risk mitigation is demonstrated.
Keywords: mountain logistics, multicriteria optimization, pathfinding problem, conceptual model.

Введение

Поиск и оптимизация маршрутов в ограниченных и меняющихся условиях представляет собой важную прикладную задачу, актуальную для транспорта, логистики, спасательных операций и промышленных перевозок. Существующие операционные процессы требуют не только сокращения времени и затрат, но и минимизации рисков, снижения износа техники и повышения безопасности персонала, что делает задачу интеллектуальной оптимизации маршрутов практически значимой. На текущий момент существуют исследования [1] в области т.н. «mountain» логистики, но они в целом направлены на горную местность, а также не освещают задачу в аспекте цифровой экономики. Теоретическая значимость работы связана с разработкой новых подходов к формализации и оценке рентабельности практического решения задачи (выполнения рейса), исходя из наличия стохастических и детерминированных входных данных: топологии местности, временных условий погоды и проходимости, распределений попутных потоков и рисков, а также параметров транспортных средств и состояния систем.

Целью исследования является повышение эффективности транспортных процессов в ограниченных условиях с помощью разработки концептуальной модели поиска и оптимизации маршрутов.

Задача данного исследования – представить концептуальную модель для последующего построения вычислительной модели.

Методы

В ходе исследования проблемы интеллектуальной оптимизации маршрутов в ограниченных условиях предлагается многоступенчатый подход, включающий преобразование и интеграцию многопоточных данных, моделирование стохастических параметров и комбинированную многокритериальную оптимизацию (рис. 1).

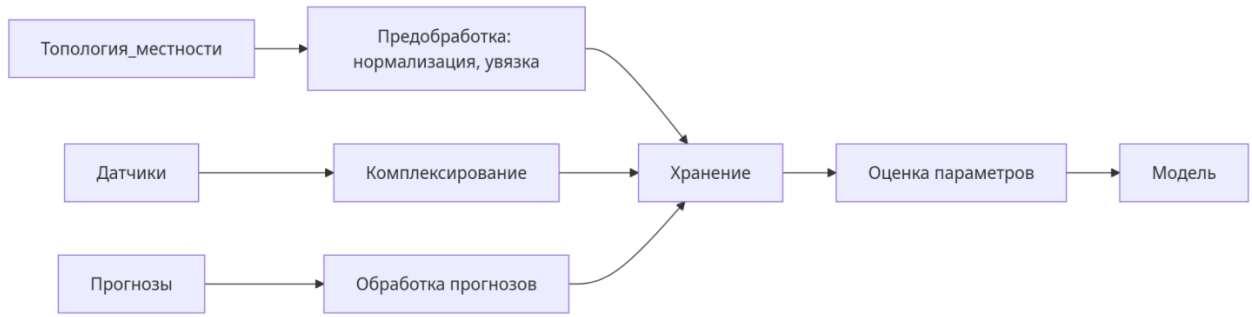


Рис. 1. Подход построения модели

На этапе подготовки входных данных выполняется нормализация и увязка гетерогенных источников (табл. 1) с последующей агрегацией в единую модель представления (граф с атрибутами и скалярными полями).

Таблица 1. Набор входных данных для определения модели

Категория	Представление	Частота обновления
Топология местности	Граф с геодезическими координатами	Стат./период. обновления
Высота	Скалярное	Ежегодно
Априорные данные времени прохождения	Условное распределение	При изменении
Проходимость	P, зависит от времени	В реальном времени
Погода	Стохастический процесс с горизонтом прогнозирования	Ежечасно
Параметры транспортного средства	Детерминированное	При изменении
Спрос / рейсы	Детерминированный или стохастическое количество прибытий	В реальном времени/известна заранее

Прогностические и данные датчиков преобразуются в параметрические оценки через обработку прогнозов и комплексирование сигналов; результаты сохраняются в хранилище и служат источником для оценки вероятностных и детерминированных характеристик (G – топология местности; R – риски, связанные с маршрутами; W – вероятностные условия; P – попутные маршруты; C – регулярные маршруты; S – состояние системы).

Поиск маршрута предлагается построить по двухэтапной схеме: определение черновых вариантов маршрутов с последующей фильтрацией и уточнением чистовых решений. Черновые решения формируются методом взвешивания оценок по набору критериев (время, ресурсное потребление, риск, вероятность успеха) и оптимизируются с помощью многокритериальных эвристик и стохастических процедур (например, Монте-Карло для оценки коэффициента успешности и моделирования неопределённостей [2]). Механизм исключения повторов и сохранения вариантов обеспечивает разнообразие поискового пространства. В чистовом решении применяется уточняющая локальная оптимизация для получения конечных решений, удовлетворяющих ограничениям и временным требованиям принятия решения.

Результаты

Исследована проблема интеллектуальной оптимизации маршрутов в ограниченных условиях, предложен концепт вычислительной модели.

Заключение

Концептуальная модель не противоречит осуществимости подхода для повышения эффективности и безопасности транспортировок в ограниченных условиях; следующими шагами является разработка вычислительной модели и проведение ее первоначальной проверки.

Список литературы

1. Teshome M.B, Rasool F., Guido O., Mountain Logistics: A Systematic Literature Review and Future Research Directions // MDPI – URL: https://www.mdpi.com/2305-6290/8/4/115 (дата обращения: 01.11.2025).

2. Войтишек А.В. Основы метода Монте-Карло: Учеб. пособие / Новосиб. Гос. Ун-т. Новосибирск, 2010. – 108 с.

УДК 004.416

ВНЕДРЕНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ ЛИСТКОВ НЕТРУДОСПОСОБНОСТИ В КОНФИГУРАЦИЮ НА ПЛАТФОРМЕ «1С:ПРЕДПРИЯТИЕ 8.3»

А.С. Макаров, студент магистратуры [1, а)],
В.А. Чеканин, д.т.н., доцент [1, 2, б)],
[1] ФГАОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН», Москва, Российская Федерация
[2] ИПУ РАН, Москва, Российская Федерация
E-mail: [а)] makarovalex2002@yandex.ru, [б)] v.chekanin@stankin.ru

Аннотация: в статье рассматривается разработка и внедрение модуля учета электронных листков нетрудоспособности для конфигурации «Аналит: Учет медицинских услуг» на платформе «1С:Предприятие 8.3». В настоящее время, когда оборот бумажных листков нетрудоспособности почти прекращен, наличие данного функционала является важным для программного продукта в области медицинской автоматизации. Разработанный модуль позволяет осуществлять обмен ЭЛН с Социальным фондом России непосредственно из конфигурации, исключая необходимость использования стороннего программного обеспечения. В результате внедрения модуля достигнуто сокращение времени заполнения электронных листков нетрудоспособности, устранено дополнительное возможное место отказа и повышена конкурентоспособность программного продукта «Аналит: Учет медицинских услуг».

Ключевые слова: листок нетрудоспособности (ЭЛН), больничный лист, Социальный фонд России (СФР), электронный документооборот, интеграция, автоматизация.

IMPLEMENTATION OF ELECTRONIC SICK LEAVE CERTIFICATES IN A CONFIGURATION ON THE «1C:ENTERPRISE 8.3» PLATFORM

A.S. Makarov [1, a)], **V.A. Chekanin** [1, 2, b)]
[1] Moscow State University of Technology «STANKIN», Moscow, Russia
[2] V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of Russian Academy of Sciences (ICS RAS), Moscow, Russia
E-mail: [a)] makarovalex2002@yandex.ru, [b)] v.chekanin@stankin.ru

Abstract: this article discusses the development and implementation of a module for accounting of electronic sick leave certificates for the «Analit: Medical Services Accounting» configuration on the «1C:Enterprise 8.3» platform. Nowadays the usage of paper sick leave certificates has almost ceased, so the presence of this functionality is crucial for software products in the medical automation field. The developed module enables the exchange of electronic sick leave certificates with the Social Fund of Russia directly from the configuration, eliminating the need for third-party software mediation. The results of implementing the module include reduction of time required to process electronic sick leave certificates, elimination of an additional potential point of failure and enhancing the competitiveness of the «Analit: Medical Services Accounting» software product.
Keywords: sick leave certificate, medical certificate of incapacity for work, Social Fund of Russia, electronic document management, integration, automation.

Введение

Цифровая трансформация в Российской Федерации оказала существенное влияние на все сферы жизни общества, включая решение бытовых вопросов, ведение предпринимательской деятельности и муниципальное управление. Сейчас в государственных и коммерческих учреждениях повсеместно введен электронный документооборот, а в ряде случаев он полностью заменил ведение учета на бумажных носителях. Одним из примеров области, где электронные документы полностью заменили физические, является учет листков нетрудоспособности. С 1 января 2022 года оформление больничных листов в бумажной форме прекращено, за исключением особых случаев, когда сведения о нетрудоспособном лице составляют тайну, охраняемую законом, а также в случае, когда в отношении физического лица реализуются меры государственной защиты.

Для медицинских учреждений, которым необходимо размещать информацию о больничных листах в информационной системе Социального фонда России, переход на электронные больничные листы ускорил передачу данных и снизил риск ошибок [1]. Однако встал вопрос об интеграции собственных систем учета клиник с сервисом СФР. В данной работе рассматривается доработка 1С конфигурации, предназначенной для автоматизации управленческого учета в сфере здравоохранения, с целью добавления функциональности обмена электронными больничными листами через систему социального электронного документооборота.

Методы

Реализация модуля учета электронных листков нетрудоспособности основана на применении клиент-серверной архитектуры, где на стороне клиента происходит взаимодействие пользователя с интерфейсом конфигурации, включающее проверку автоматически заполняемых сведений о пациенте из медицинской карточки и протокола осмотра в документе

больничного листа, ввод незаполненных данных и инициация операций обмена данными с сервисом Социального фонда России. На стороне сервера же выполняются операции по взаимодействию с базой данных, обработке информации, криптографической подписи и шифрованию данных с применением криптопровайдеров ViPNet CSP, либо КриптоПро CSP [2]. Для реализации сетевого взаимодействия с SOAP-сервисом СФР применены встроенные объекты платформы 1С, такие как HTTPСоединение, ЧтениеXML и ЗаписьXML, последние два из которых применяются для разбора и сборки сообщений, передаваемых по протоколу SOAP [3]. Как в клиентском, так и в серверном коде применяются вызовы методов «Библиотеки стандартных подсистем» (сокращенно БСП), являющейся основным платформенным фреймворком «1С:Предприятие 8.3». Использование БСП позволяет упростить разработку и поддержку решения за счет применения уже реализованных методов обработки и визуализации данных, соответствующих стандартам разработки фирмы «1С», а также обеспечивает гарантированно корректную работу модулей. Схема взаимодействия используемых общих модулей, в которых описан код процедур и функций, представлена на рисунке 1.

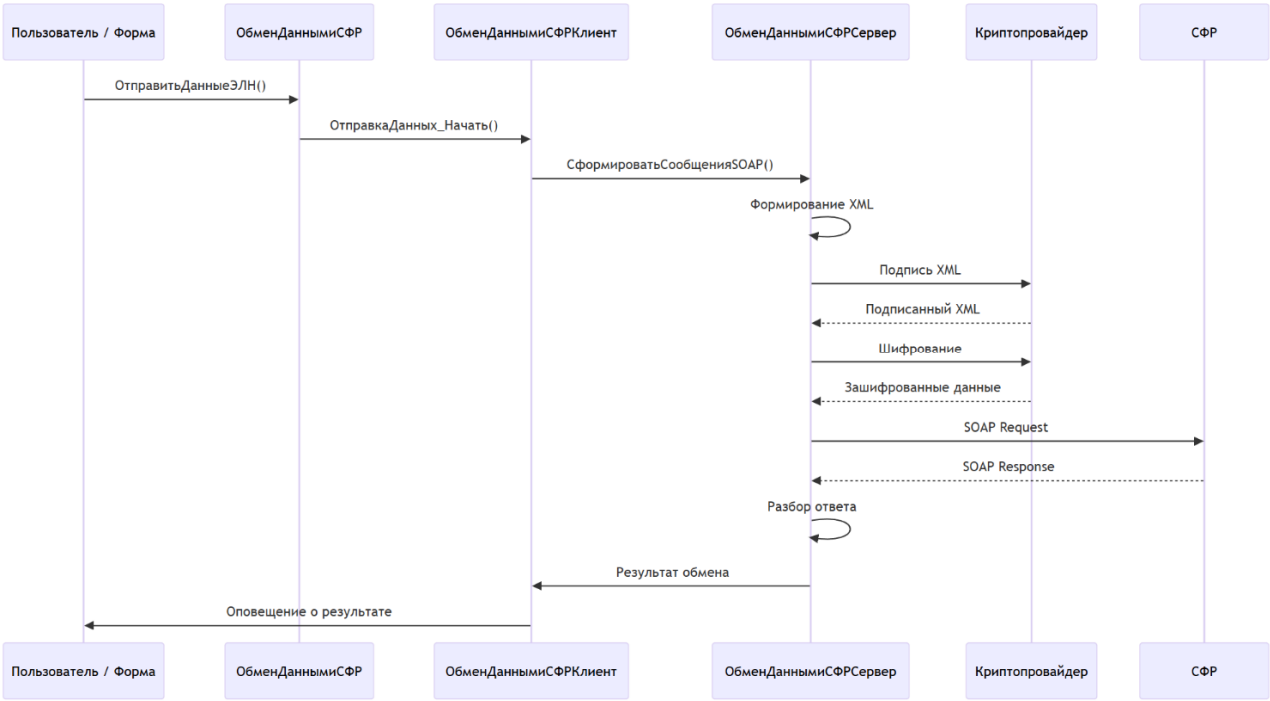


Рис. 1. Схема взаимодействия общих модулей

Формируемые XML-сообщения строго соответствуют XSD-схемам, опубликованным СФР. В конфигурации реализованы функции по получению номеров для новых листков нетрудоспособности, отправке и получению сведений о листках нетрудоспособности, а также отправке заявления на прекращение действия больничного листа. Для формирования и чтения сообщений применяются классификаторы СФР, такие как справочник кодов причин нетрудоспособности, дополнительных кодов, типов родственных

связей, типов нарушений, статусов нетрудоспособного, состояния ЭЛН, кодов причин прекращения действия ЛН и условий оказания медицинской помощи. Все действия с получением и отправкой сообщений логируются в системе на основе ведения журнала.

Для тестирования функционала интеграции применялось взаимодействие с тестовым контуром Социального фонда России, где можно проверить получение номеров больничных листов, отправку листков нетрудоспособности, а также другой реализованный функционал.

Результаты

Разработанный модуль интеграции с сервисом Социального фонда России успешно прошел тестирование, продемонстрировав возможность электронной подписи, отправки и приема зашифрованных сообщений по протоколу SOAP. Техническая реализация соответствует требованиям СФР, включая требования к содержанию и передаче формируемых листков нетрудоспособности. Пользователю предоставлен интуитивно понятный интерфейс для вызова функциональности модуля, размещенный в отдельном меню команд на форме документа больничного листа (рис. 2).

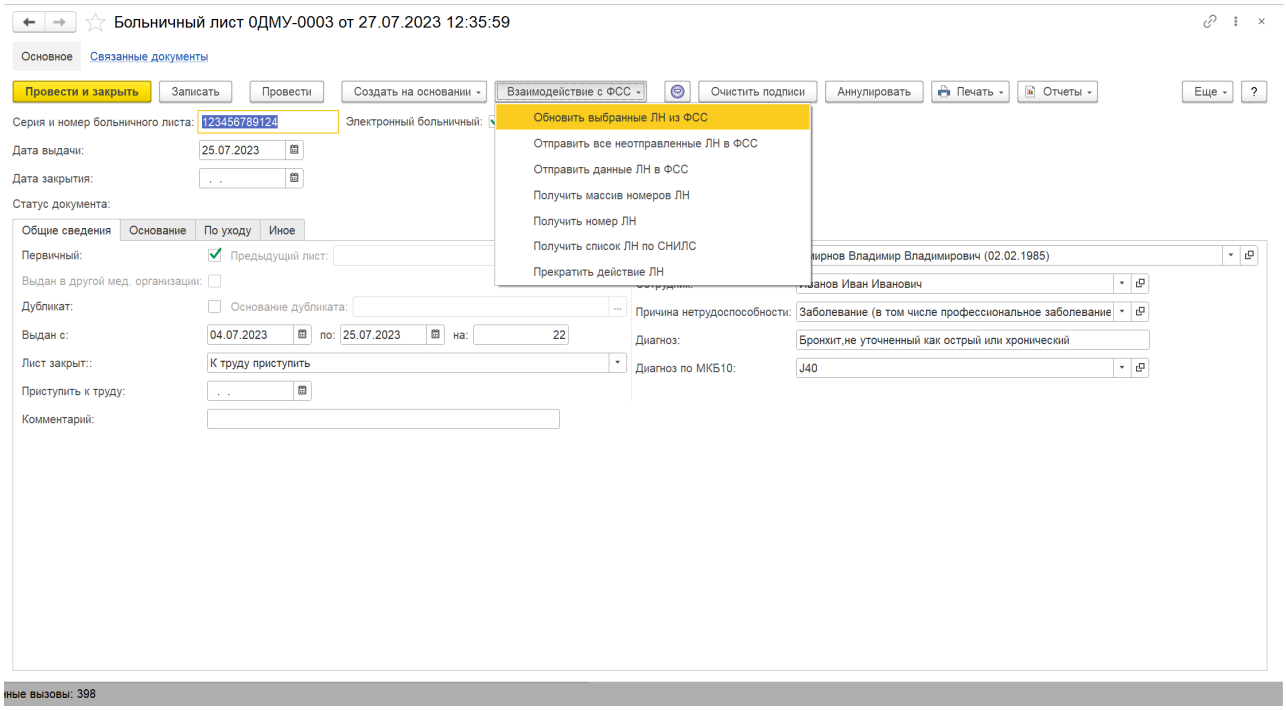


Рис. 2. Интерфейс пользователя

Применение модуля позволило исключить из рабочего процесса выписки листка нетрудоспособности применение стороннего программного обеспечения для организации, использующей конфигурацию «Аналит: Учет медицинских услуг». Тем самым отпала необходимость в организации обмена сведениями о пациентах и больничных листах между несколькими программными продуктами, а также было достигнуто уменьшение времени, необходимого для

выписки листка нетрудоспособности за счет хранения данных о пациентах и заполнения документов в одной конфигурации.

Заключение

Разработанное решение по интеграции с сервисом Социального фонда России позволяет осуществлять обмен данными электронных листков нетрудоспособности. Реализован полный цикл выписки ЭЛН – от заполнения сведений о пациенте и причине нетрудоспособности до отправки документа в СФР и контроля его состояния. Применение решения повышает эффективность работы сотрудников медицинской организации, где применяется конфигурация «Аналит: Учет медицинских услуг». За счет внедрения новой функциональности также повышается конкурентоспособность программного продукта на рынке систем медицинской автоматизации. Практическая ценность добавленной функциональности состоит в устранении ПО-посредника, используемого для передачи больничных листов в СФР.

Список литературы

1. Фадеева В.А., Борина Е.В., Старцева С.В. Социальный фонд России // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2023. №10-2 (85).

2. Билалова Д.Г.-К., Магомедов Н.Н. Понятие электронной цифровой подписи // Инновационная наука. 2022. №2-1.

3. Зубарев И.А., Амиров Р.Р., Куваева Е.Н. Интеграция 1С с внешними системами: REST API, SOAP и обмен данными через JSON // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2024. №12-3 (99).

УДК 004.416.6

ИНТЕГРАЦИЯ ЯНДЕКС ТРЕКЕРА В СИСТЕМУ УЧЕТА ВРЕМЕНИ РАБОТЫ СОТРУДНИКОВ НА ПЛАТФОРМЕ «1С:ПРЕДПРИЯТИЕ 8.3»

А.С. Макаров, студент магистратуры [1, а)],
В.А. Чеканин, д.т.н., доцент [1, 2, б)],
[1] ФГАОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН», Москва, Российская Федерация
[2] ИПУ РАН, Москва, Российская Федерация
E-mail: [а)] makarovalex2002@yandex.ru, [б)] v.chekanin@stankin.ru

Аннотация: в статье рассматривается разработка универсального расширения для конфигураций на платформе «1С:Предприятие 8.3» с внедренной библиотекой стандартных подсистем, обеспечивающего функционал получения сведений о выполненных сотрудникам задачах и затраченном времени из сервиса Яндекс Трекер. Перенесенные в 1С данные об отработанных часах могут быть использованы для дальнейшего подсчета KPI и расчета премий, тем самым сокращается время, необходимое на выполнение данной операции. В статье приведен пример интеграции с конфигурацией «1С:Управление торговлей 8» и связи с подсистемой дневных отчетов.
Ключевые слова: Яндекс Трекер, интеграция систем, учет рабочего времени, управление задачами, оценка эффективности сотрудников, автоматизация бизнес-процессов.

INTEGRATION OF YANDEX TRACKER INTO AN EMPLOYEE WORK TIME TRACKING SYSTEM ON THE «1C:ENTERPRISE 8.3» PLATFORM

A.S. Makarov [1, a)], **V.A. Chekanin** [1, 2, b)]
[1] Moscow State University of Technology «STANKIN», Moscow, Russia
[2] V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of Russian Academy of Sciences (ICS RAS), Moscow, Russia
E-mail: [a)] makarovalex2002@yandex.ru, [b)] v.chekanin@stankin.ru

Abstract: The article discusses the development of a universal extension for configurations on the «1C:Enterprise 8.3» platform with the Standard Subsystems Library implemented. The extension provides functionality for retrieving information about tasks completed by employees and the time spent on them from the Yandex Tracker service. The data on hours worked transferred to 1C can be used for further KPI calculation and bonus payments, thereby reducing the time required to perform this operation. The article also presents an example of integration with the «1C:Trade Management 8» configuration and its connection with the daily reports subsystem.

Keywords: Yandex Tracker, system integration, time tracking, task management, employee performance evaluation, business process automation.

Введение

После ухода с российского рынка таких программных продуктов для управления проектами и трекинга задач, как Jira и Trello от Atlassian, а также других зарубежных разработок со схожим функционалом, многие компании перешли на импортозамещенное программное обеспечение. Одной из самых популярных альтернатив стал Яндекс Трекер, первоначально разработанный компанией Яндекс для внутреннего использования, однако позже ставший открытым для внешних пользователей – с 2017 года появилась возможность оформить подписку для пользования данной системой [1].

К преимуществам Яндекс Трекера можно отнести достаточный функционал для ведения проектной деятельности с применением Agile методологий, надежность сервиса, обеспечение конфиденциальности данных, а также наличие мобильного приложения и API с широким набором доступных методов.

Параллельно с Яндекс Трекером во многих компаниях используются программные продукты фирмы «1С» для кадрового менеджмента и расчета начислений сотрудникам. Доля рынка интегрированных систем управления предприятием на платформе «1С:Предприятие 8.3» также неуклонно растет благодаря высокому качеству ПО, длительной поддержке конфигураций со своевременной адаптацией к изменениям в российском законодательстве и обширной партнерской сети, помогающей с внедрением, доработкой и обновлением программных продуктов. Нельзя также не отметить, что ряд компаний были вынуждены перейти на 1С после ухода SAP.

Все это делает актуальным вопрос создания интеграции между Яндекс Трекером и 1С, так как обмен сведениями между системами поможет избавиться от лишнего труда и потерь времени на ручной перенос данных, происходящий, например, когда сведения о выполненных сотрудником задачах из Трекера перемещают в 1С для расчета отработанных часов и достижения KPI. Возможен и обратный, но более редкий случай – когда задачи из 1С необходимо перенести в Трекер.

Методы

Реализация обмена между 1С и Яндекс Трекером представляется возможной за счет наличия у сервиса Яндекса открытого API с подробной документацией доступного функционала. API Яндекс Трекера позволяет работать с задачами от имени пользователя сервиса, верификация которого происходит путем проверки токена. Доступен поиск, чтение, редактирование и создание задач, досок и очередей. При этом используется разграничение прав доступа – если пользователь Яндекс Трекера не может выполнить определенное действие через веб-интерфейс, то это действие будет также ему недоступно в случае обращения через API.

Разработка модуля взаимодействия выполнялась на платформе «1С:Предприятие 8.3» с помощью механизма расширений. Этот механизм дает возможность доработать расширяемую конфигурацию без изменения ее программного кода. Тем самым исключается необходимость снятия конфигурации с поддержки, что в свою очередь упрощает процесс обновлений на новые релизы, так как при этом не требуется ручного сравнения и объединения модулей конфигурации поставщика.

Разработка опирается на стандартные методы платформы 8.3, а также использует некоторый функционал «Библиотеки стандартных подсистем» (сокращенно БСП), являющейся основным платформенным фреймворком и предоставляющей ряд универсальных часто используемых методов, что значительно ускоряет разработку и позволяет стандартизировать код [2]. К примеру, для хранения токенов задействовано «Безопасное хранилище данных», реализованное в БСП, позволяющее ограничивать доступ к записываемым данным, закрепив их за конкретным пользователем, и исключить возможность получения токена через консоль запросов. Также токен помещается в безопасное хранилище в зашифрованном виде, для чего был реализован собственный криптографический алгоритм. Это должно осложнить доступ для злоумышленника, получившего доступ к базе, к Трекеру.

Изначально разработка велась под конфигурацию «ЭСТИ: Управление фирмой-франчайзи 1С» с версией БСП 3.1.10.308, однако позже потребовалось также внедрить разработку в конфигурацию «1С:Управление торговлей 8» с устаревшей БСП 1.0.7.5, относящейся примерно к 2010 году. При этом в расширение пришлось внести лишь незначительные изменения, в основном связанные с добавлением безопасного хранилища, отсутствовавшего в старой БСП. Это подтверждает возможность использования разработанного расширения с любой типовой конфигурацией фирмы «1С» на платформе «1С:Предприятие 8.3», в которой добавлена библиотека стандартных подсистем, с минимальными доработками при их необходимости.

Общий вид программного интерфейса общего модуля “Отправка API запросов” представлен на рис. 1 [3].

На рис. 2 представлены методы общего модуля “Обработка данных”. В данном случае они, в том числе, включают работу с безопасным хранилищем, так как это необходимо для совместимости со старой версией БСП.

В целом, реализованный в общих модулях функционал позволяет удобно взаимодействовать с API Яндекс Трекера и создавать дополнительные надстройки для получения и изменения данных о задачах.

Результаты

Разработанная интеграция с Яндекс Трекером предоставляет удобный функционал для разработчиков для реализации любых идей применения обмена сведениями между 1С и Трекером. Она может быть добавлена в виде расширения в любую информационную базу на основе типовой конфигурации фирмы «1С» с внедренной библиотекой стандартных подсистем.

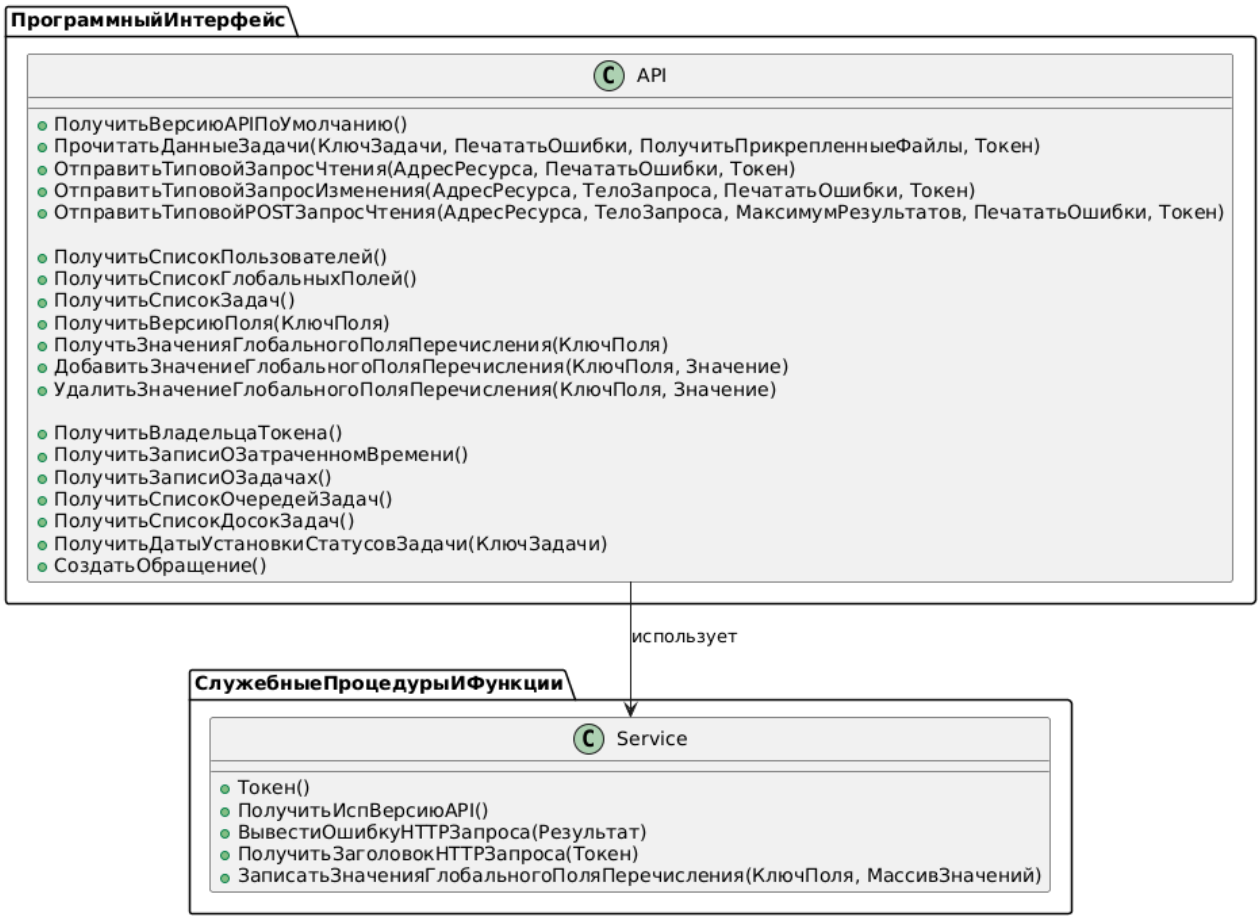


Рис. 1. Реализованные методы API вызовов

Рассмотрим один из возможных вариантов применения – получение сведений о выполненных задачах и затраченном на выполнение времени из Трекера для заполнения ежедневных отчетов сотрудников в «Управлении торговлей». Ниже, на рис. 3, показаны фильтры для подбора задач из Трекера, а на рис. 4 – найденные задачи по установленным фильтрам.

Данные о заполненных полях в Трекере переносятся в 1С, упрощая процесс заполнения отчетов. Заполнив оставшиеся поля, сотрудник может создать отчет о выбранной задаче.

Также возможно гибкое заполнение сведений о времени выполнения задачи, доступное на отдельной форме (рис. 5).

Этот пример иллюстрирует возможность использования интеграции в реальных задачах и уже приносит пользу сотрудникам компании за счет дополнительной автоматизации.

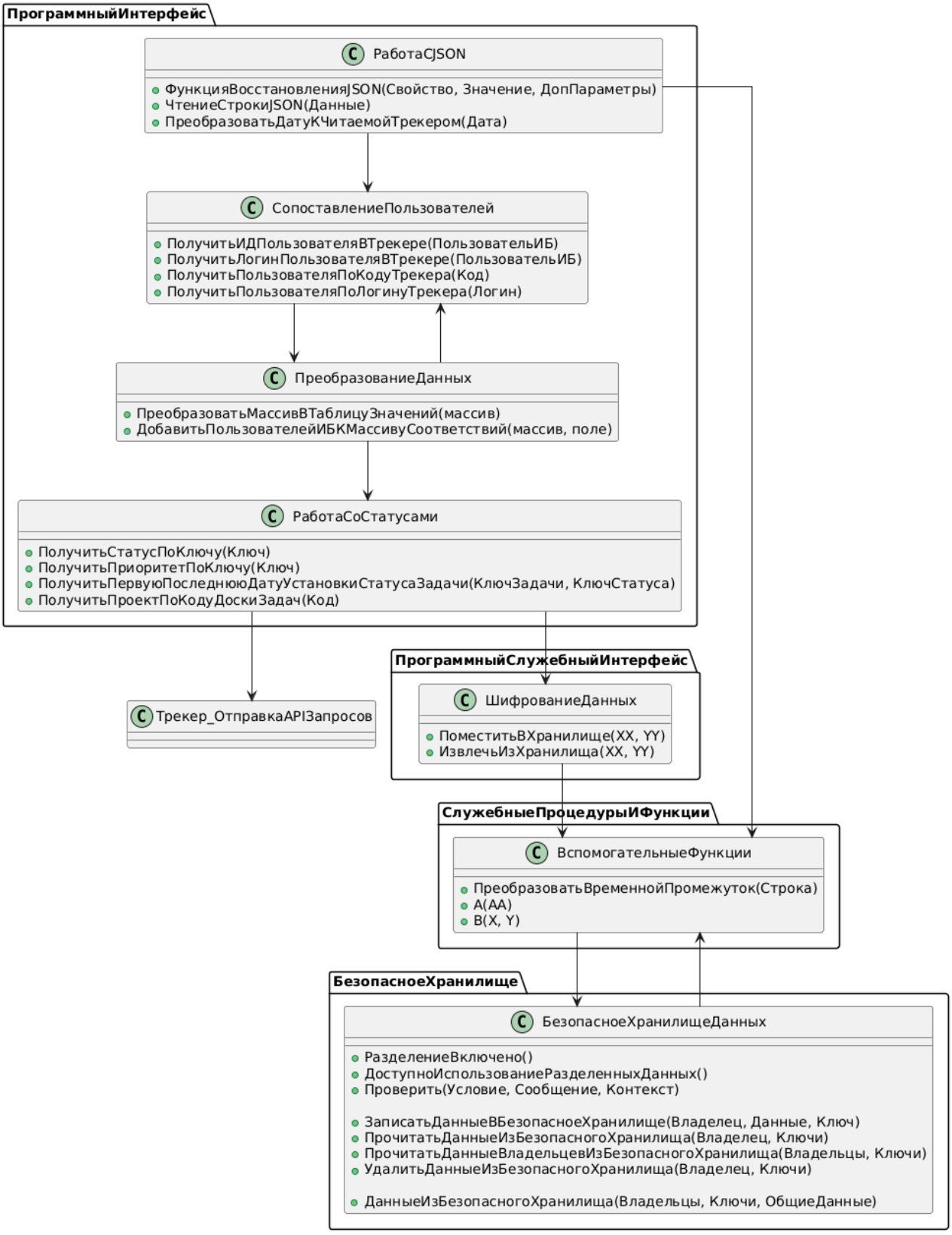


Рис. 2. Реализованные методы обработки данных

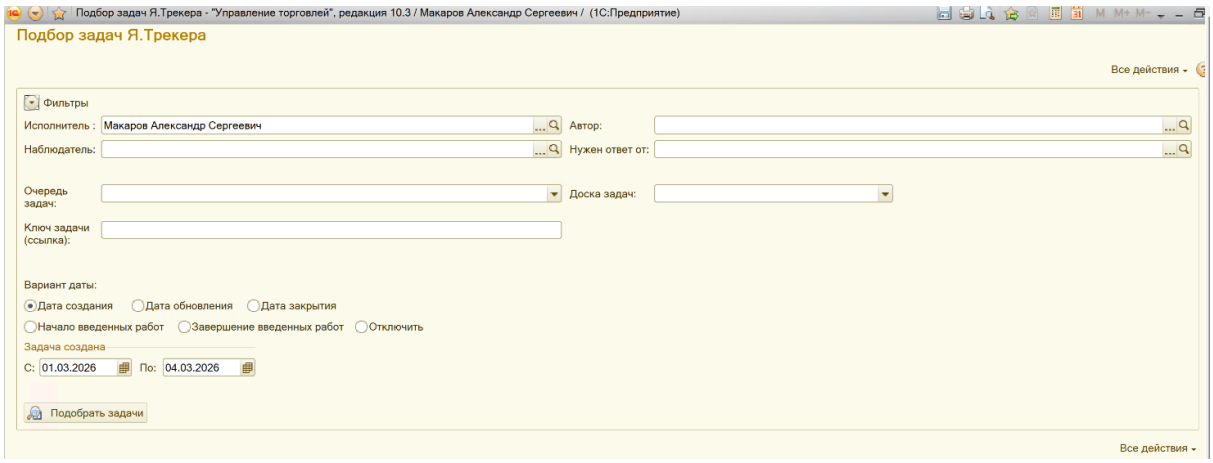


Рис. 3. Фильтры подбора задач

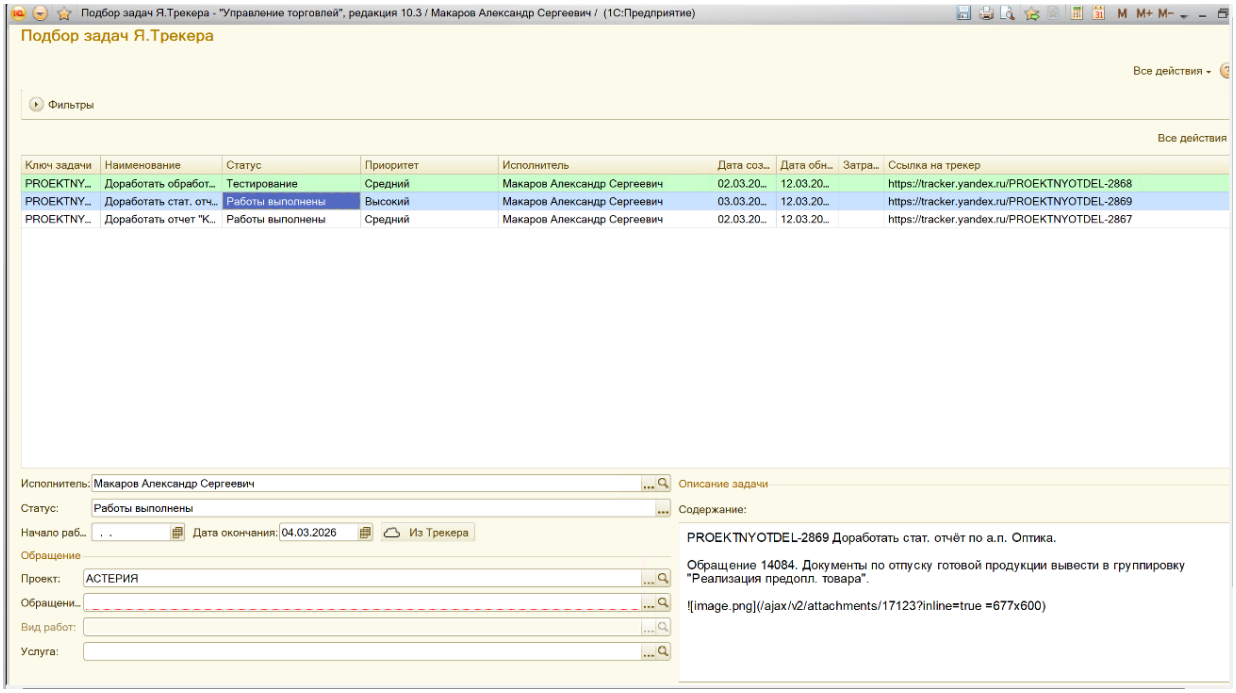


Рис. 4. Найденные задачи

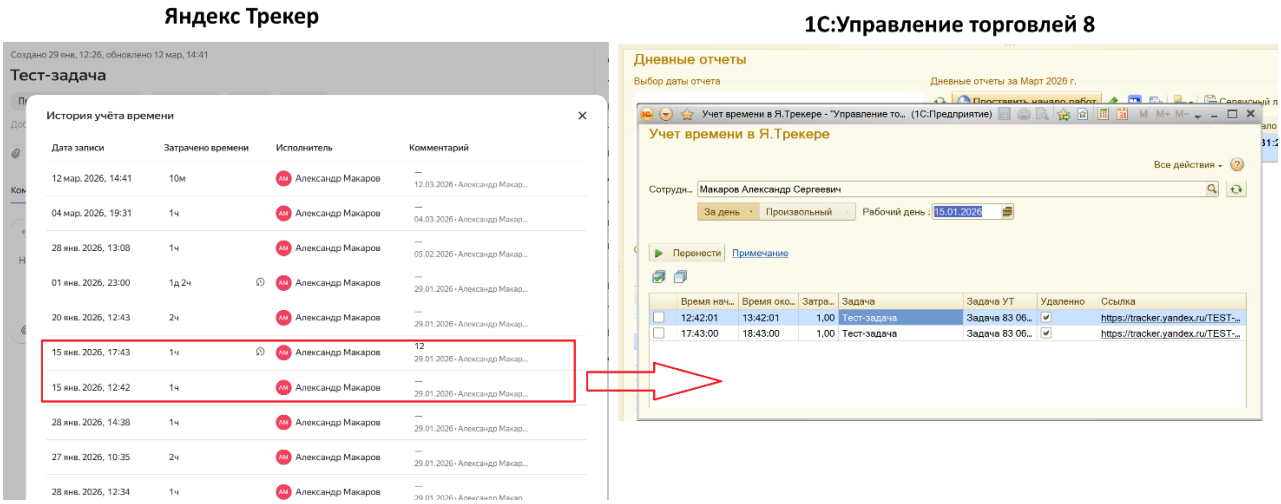


Рис. 5. Сведения о времени выполнения

Заключение

Реализованное решение по интеграции 1С с сервисом Яндекс Трекер является функциональной и надежной основой для разработки обменов под различные прикладные задачи. В работе продемонстрирован один из способов применения – для переноса сведений об отработанных часов сотрудников. Данные, полученные из Яндекс Трекера, впоследствии могут быть проанализированы в 1С для составления отчетов и принятия управленческих решений. Обмен позволяет сократить время ручного переноса и обеспечить большую достоверность данных за счет уменьшения человеческого фактора.

Список литературы

1. Бражникова С.С. Современные цифровые коллаборативные инструменты в российском образовании: опыт, вызовы и перспективы // Вестник МГПУ. Серия: Информатика и информатизация образования. 2025. № 2 (72).

2. Акиньшин А.С., Акатова Н.А. Методика кастомизации типовых прикладных ИТ-решений на базе технологической платформы «1С:Предприятие 8» // StudNet. 2020. № 8.

3. Зубарев И.А., Амиров Р.Р., Куваева Е.Н. Интеграция 1С с внешними системами: REST API, SOAP и обмен данными через JSON // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2024. №12-3 (99).

Научное издание

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ: НАУКА, ОБРАЗОВАНИЕ, ИННОВАЦИИ

Сборник материалов VIII Международного научного форума профессорско-преподавательского состава и молодых ученых (г. Москва, 12 ноября – 15 декабря 2025 г.)

Под общей редакцией В.А. Чеканина

Подписано в печать 06.04.2026.
Формат 60×90 1/16. Усл. печ. л. 30,25.
Тираж 35 экз. Заказ 37.

Отпечатано в Издательско-полиграфическом центре ФГАОУ ВО «Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»
127055, Москва, Вадковский пер., 3а
Тел.: 8(499) 973-31-93

ISBN 978-5-7028-0847-5
9 785702 808475 >