

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

ИТМО × CH 

Бюллетень работ конкурса

НАУЧНЫЙ ЭВЕРЕСТ

Университета ИТМО

Сборник тезисов

Текстовое электронное издание

2024 г.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

**Бюллетень работ конкурса
«Научный Эверест»
Университета ИТМО**

сборник тезисов

Текстовое электронное издание



Санкт-Петербург
2024

УДК 004, 063, 065, 504

ББК 20, 32, 40

Бюллетень работ конкурса «Научный Эверест» Университета ИТМО. [Электронный ресурс]: сборник тезисов. Текстовое электронное издание (25,6 Мб). СПб.: Университет ИТМО. 720 с.

В бюллетене представлены аннотации научно-исследовательских выпускных квалификационных работ победителей и участников конкурса «Научный Эверест» Университета ИТМО среди выпускников Университета ИТМО 2024 года.

Мероприятие проводится в рамках реализации гранта в форме субсидий из федерального бюджета образовательным организациям высшего образования на реализацию мероприятий, направленных на поддержку студенческих научных сообществ (Соглашение № 075-15-2024-616 от 30.05.2024 г.).



ИТМО (Санкт-Петербург) — национальный исследовательский университет, научно-образовательная корпорация. Альма-матер победителей международных соревнований по программированию. Приоритетные направления: IT и искусственный интеллект, фотоника, робототехника, квантовые коммуникации, трансляционная медицина, Life Sciences, Art&Science, Science Communication.

Лидер федеральной программы «Приоритет-2030», в рамках которой реализуется программа «Университет открытого кода». С 2022 ИТМО работает в рамках новой модели развития — научно-образовательной корпорации. В ее основе академическая свобода, поддержка начинаний студентов и сотрудников, распределенная система управления, приверженность открытому коду, бизнес-подходы к организации работы. Образование в университете основано на выборе индивидуальной траектории для каждого студента.

ИТМО пять лет подряд — в сотне лучших в области Automation & Control (кибернетика) Шанхайского рейтинга. По версии SuperJob занимает первое место в Петербурге и второе в России по уровню зарплат выпускников в сфере IT. Университет в топе международных рейтингов среди российских вузов. Входит в топ-5 российских университетов по качеству приема на бюджетные места. Рекордсмен по поступлению олимпиадников в Петербурге. С 2019 года ИТМО самостоятельно присуждает ученые степени кандидата и доктора наук.

© Университет ИТМО, 2024

© Авторы, 2024

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	18
БАКАЛАВРЫ Победители конкурса «Научный Эверест» Университета ИТМО.....	20
Абрамова Ксения Александровна	
ПЕРЕРАБОТКА ПОПУТНОГО НЕФТЯНОГО ГАЗА В ГАЗОМОТОРНОЕ ТОПЛИВО ПО МЕСТУ ДОБЫЧИ.....	21
Байбуртян Виолетта Артуровна	
РАЗРАБОТКА КОНСТРУКТОРА ДЛЯ СОЗДАНИЯ ВИДЕОВИДЖЕТА	25
Балцат Константин Иванович	
РАЗРАБОТКА СЕРВИСА ДЛЯ АНАЛИЗА МЕЖЛИЧНОСТНЫХ ОТНОШЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БОЛЬШИХ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ПЕРЕПИСКИ В МЕССЕНДЖЕРЕ	28
Бырков Аким Дмитриевич	
РАЗРАБОТКА АНАМОРФОТНОЙ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ УГЛА СКРУЧИВАНИЯ.....	33
Гиндулина Динара Рафисовна	
ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ НЕПРЕРЫВНОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ ПО ДАННЫМ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММЫ ВО ВРЕМЯ ПРОКТОРИНГА.....	35
Гришина Алена Игоревна	
ТЕРМОХИМИЧЕСКИЙ МЕТОД СОЗДАНИЯ СТРУКТУР ДЛЯ АВТОНОМНОГО НАПРАВЛЕННОГО ТЕЧЕНИЯ ЖИДКОСТИ НА ПОВЕРХНОСТИ НЕРЖАВЕЮЩЕЙ СТАЛИ	38
Захаренкова Анастасия Анатольевна	
БИЗНЕС-ТЕЗИС "UNILINK": РАЗРАБОТКА СТРАТЕГИИ ВЫВОДА НА РЫНОК ПЛАТФОРМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕМ ВУЗОВ И ОРГАНИЗАЦИЙ В ПРОЦЕССЕ ПОДГОТОВКИ КАДРОВ.....	42
Лучкин Георгий Александрович	
РАЗРАБОТКА БИОСОВМЕСТИМЫХ НАНОВОЛОКОННЫХ МАТРИЦ НА ОСНОВЕ ПОЛИГИДРОКСИЭФИРОВ ДЛЯ ЗАДАЧ ТКАНЕВОЙ ИНЖЕНЕРИИ	46
Лян Тао	
РАСПОЗНАВАНИЕ ЭМОЦИЙ ПО СИГНАЛАМ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАФИИ	49
Наумчик Анастасия Сергеевна	
МОДЕЛИРОВАНИЕ СТАТИСТИКИ НЕИДЕАЛЬНЫХ ГАУССОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ДЛЯ ТОМОГРАФИИ БОЗОННЫХ КВАНТОВЫХ КАНАЛОВ	52
Тищенко Валерия Геннадьевна	
РАЗРАБОТКА МУЛЬТИПЛЕКСНОГО ЭКСПРЕСС-ТЕСТА ДЛЯ СКРИНИНГА РАСТЕНИЙ В КАЧЕСТВЕ ИСТОЧНИКОВ КОМПЛЕКСОВ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ СОЕДИНЕНИЙ	56
Трубицына Анна Михайловна	
РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ВЕКТОРНОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДАМИ В РОБОТОТЕХНИКЕ	61

Филина Наталья Владимировна	
СИММЕТРИЯ ЗАКРУЧЕННЫХ СОСТОЯНИЙ	65
Ясинский Святослав Николаевич	
РАЗРАБОТКА ГЕНЕРАТОРА ЛЕКСИЧЕСКИХ АНАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ ФОРМАЛЬНЫХ ЯЗЫКОВ.....	68
БАКАЛАВРЫ Участники конкурса «Научный Эверест» Университета ИТМО	72
Абузов Ярослав Александрович	
РАЗРАБОТКА МЕТОДА ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ДЛЯ ТРАНСПОРТНО-ГРУЗОВОЙ КАРЕТКИ.....	73
Акжигитов Руслан Андреевич	
РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ ТАКТИКАМ, ТЕХНИКАМ И ПРОЦЕДУРАМ ОПЕРАТОРОВ ШИФРОВАЛЬЩИКОВ.....	77
Алексеенко Арина Вячеславовна	
РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ФАЗЗИНГ-ТЕСТИРОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕНЕТИЧЕСКОГО МЕТОДА	81
Бецкова Елизавета Сергеевна	
ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОРТФЕЛЕМ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗАКАЗОВ В ОПЫТНОЕ ПРОИЗВОДСТВО ИТМО	84
Великая Ксения Владимировна	
БИЗНЕС-ТЕЗИС "UNILINK": РАЗРАБОТКА КОНЦЕПТА ПЛАТФОРМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕМ ВУЗОВ И ОРГАНИЗАЦИЙ В ПРОЦЕССЕ ПОДГОТОВКИ КАДРОВ	88
Вернигорова Анастасия Анатольевна	
РАЗРАБОТКА ТИПОВОЙ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СЛУЖБЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ.....	91
Давыдов Марк Анатольевич	
РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА КОНТРОЛЯ TCP/UDP-ТРАФИКА В ЛОКАЛЬНОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ В УСЛОВИЯХ DOS-АТАК	95
Дементьев Глеб Дмитриевич	
ПРИМЕНЕНИЕ БОЛЬШИХ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ В АНАЛИТИКЕ ДИАЛОГОВЫХ КОММУНИКАЦИЙ.....	98
Дмитриева Валерия Денисовна	
ОПТИМИЗАЦИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ ОРГАНИЗАЦИИ И ПРОВЕДЕНИЯ РАЗГОВОРНЫХ ЯЗЫКОВЫХ КЛУБОВ В УНИВЕРСИТЕТАХ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЦИФРОВЫХ РЕШЕНИЙ	101
Зубахин Дмитрий Сергеевич	
ПОРТИРУЕМЫЙ ФРЕЙМВОРК ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ	104
Зуев Даниил Леонидович	
РАЗРАБОТКА ЛОКАЦИИ СМЕШАННОЙ РЕАЛЬНОСТИ «ГЕЛИОС».....	106
Калакуцкая Елизавета Сергеевна	
ВНЕДРЕНИЕ КОГНИТИВНЫХ И НЕЙРОТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ КОРПОРАЦИЯХ.....	108

Ковыляев Иван Сергеевич	
ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМА ЭЛЕКТРОННОГО ПРИБОРА В ГЕРМЕТИЧНОМ ИСПОЛНЕНИИ	111
Козлов Иван Дмитриевич	
РАЗРАБОТКА МИКРОСЕРВИСОВ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ ТОВАРОВ В ОНЛАЙН-МАГАЗИНАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ	115
Коноваленко Максим Павлович	
РАЗРАБОТКА КЛИЕНТСКОЙ ЧАСТИ ДЛЯ ВНУТРЕННЕЙ КОРПОРАТИВНОЙ СИСТЕМЫ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЦЕНТРА «СИЛЬНЫЙ ИИ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ».....	120
Коробковский Вадим Андреевич	
РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИХ КАРТОЧЕК.....	124
Королев Юрий Алексеевич	
РАЗРАБОТКА «УМНОГО» ЗАМКА И КОМПОНЕНТОВ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПОСУТОЧНОЙ И ПОЧАСОВОЙ АРЕНДЫ ЖИЛЬЯ	128
Кулаков Никита Васильевич	
АВТОМАТИЗАЦИЯ ОТСЛЕЖИВАНИЯ СОСТОЯНИЯ ДОРОЖНОГО ПОКРЫТИЯ ПРИ ПОМОЩИ МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ВОДИТЕЛЕЙ	131
Мариненков Максим Денисович	
РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ЛОГИРОВАНИЯ ДЕЙСТВИЙ В ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ НА МИКРОСЕРВИСНОЙ АРХИТЕКТУРЕ С УСЛОВИЕМ ПОДКЛЮЧЕНИЯ К ВНЕШНЕМУ НЕЗАВИСИМОМУ ОПЕРАТОРУ ДАННЫХ	134
Миронов Даниил Геннадьевич	
РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ БОЛЬШИХ ДАННЫХ В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН.....	138
Осипова Алиса Андреевна	
ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛЯРИЗАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ВЫХОДЯЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ В СИСТЕМАХ РАСШИРИТЕЛЯ ЛАЗЕРНОГО ПУЧКА С ФИКСИРОВАННЫМ УВЕЛИЧЕНИЕМ.....	141
Осколкова Татьяна Олеговна	
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РЕЛАКСАЦИИ ЭЛЕКТРОННОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ В НАНОКОМПОЗИТАХ НА ОСНОВЕ КВАНТОВЫХ ТОЧЕК AG-IN-S/ZNS И МОЛЕКУЛ ТЕТРАФЕНИЛПОРФИРИНА	143
Попова Мила Николаевна	
РАЗРАБОТКА СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ЦЕНТРА ХИМИЧЕСКОЙ ИНЖЕНЕРИИ УНИВЕРСИТЕТА ИТМО	148
Потапова Полина Алексеевна	
РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО СРЕДСТВА ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ УГРОЗАМ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ОСНОВЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ НАСТРОЙКИ ПАРАМЕТРОВ КОНТРОЛЬНЫХ ГРУПП ПРОЦЕССОВ В ОПЕРАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ LINUX.....	151
Провоторов Роман Анатольевич	
РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ МНОГОУРОВНЕВОГО РАЗГРАНИЧЕНИЯ ДОСТУПА В СИСТЕМЕ ЗАЩИТЫ ОБЪЕКТА КРИТИЧЕСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ	154

Салтанович Анастасия Евгеньевна	
ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ОСНОВЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОНСТРУКТОРА ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ	158
Секерин Антон Вячеславович	
ТЕХНОЛОГИИ И СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ЦЕНТРОВ НА ПРИМЕРЕ ЦЕНТРА ХИМИЧЕСКОЙ ИНЖЕНЕРИИ УНИВЕРСИТЕТА ИТМО	160
Семьинин Максим Сергеевич	
ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАНСЛЯЦИОННОЙ ДИНАМИКИ МИКРО- И НАНООБЪЕКТОВ В ТРЕХМЕРНОЙ ОКТУПОЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКОЙ ЛОВУШКЕ	163
Сиротенко Софья Сергеевна	
СОЗДАНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ МАГНИТНЫХ МИКРОКАПСУЛ С КОНТРОЛИРУЕМЫМ ВЫСВОБОЖДЕНИЕМ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ СОЕДИНЕНИЙ.....	166
Шубина Екатерина Витальевна	
ЛАЗЕРНАЯ ДИАГНОСТИКА НАКОПЛЕНИЯ ИЗОТОПОВ ВОДОРОДА ВО ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИХ С ПЛАЗМОЙ МАТЕРИАЛАХ ТОКАМАКА	171
Сорокин Никита Алексеевич	
РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ТЕСТИРОВАНИЯ СЕТЕЙ ПЯТОГО ПОКОЛЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ВИРТУАЛИЗАЦИИ	175
Темников Андрей Антонович	
РАЗРАБОТКА ИННОВАЦИОННЫХ МЕТОДОВ НАРРАТИВНОЙ ГЕЙМИФИКАЦИИ В ОНБОРДИНГЕ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ПРОГРАММАМ МАГИСТРАТУРЫ УНИВЕРСИТЕТА ИТМО	178
Тетерина Александра Викторовна	
РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ РИСКОВ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ДЛЯ КРЕДИТНО-ФИНАНСОВЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ	181
Тихонов Степан Николаевич	
СОЗДАНИЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПОДСЧЕТА ИСПОЛЬЗУЕМОЙ РАБОЧЕЙ ТЕХНИКИ С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОСЕТЕЙ	185
Хмелевский Валерий Александрович	
РАЗРАБОТКА АКТИВАЦИОННОЙ СТАНЦИИ ДЛЯ ОБЛУЧЕНИЯ ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ОКСИДОВ ТИТАНА	188
Хорсова Ирина Викторовна	
ПРИМЕНЕНИЕ КРИПТОГРАФИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА С ОТКРЫТЫМ КЛЮЧОМ ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ МЕТОДОМ ПСЕВДОТЕПЛОЙ ФАНТОМНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ.....	191
Чапасов Пётр Константинович	
РАЗРАБОТКА БЕЗОПАСНОГО ПРОТОКОЛА ДИСТАНЦИОННОГО ЭЛЕКТРОННОГО ГОЛОСОВАНИЯ С ВОЗМОЖНОСТЬЮ ИЗМЕНЕНИЯ ВОЛЕИЗЪЯВЛЕНИЯ ИЗБИРАТЕЛЯ	196
Чудаков Руслан Рафаэлевич	
ОПТИМИЗАЦИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ ПРЕДПРИЯТИЯ ПОСРЕДСТВОМ АВТОМАТИЗАЦИИ МЕЖСИСТЕМНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ.....	199

Шевелёв Илья Андреевич	
ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ГАЗОВЫХ ЯЧЕЕК МОБИЛЬНОГО КВАНТОВОГО МАГНИТОМЕТРА	202
Шеина Елизавета Сергеевна	
ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДОЛОГИИ ФОРСАЙТ ДЛЯ АНАЛИЗА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТРЕНДОВ В СФЕРЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ИННОВАЦИЙ НА ПРИМЕРЕ ОТРАСЛИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В IT ИНДУСТРИИ.....	204
Юхневич Екатерина Дмитриевна	
СИНТЕЗ МЕТАЛЛ-ОРГАНИЧЕСКИХ КАРКАСОВ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОЙ ГЕНЕРАЦИИ УСИЛЕННОГО СПОНТАННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ.....	206
Янабирдина Элина Руслановна	
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОБУЧАЮЩЕЙ ВЕБ-ИГРЫ О ЛИЧНОЙ ФИНАНСОВОЙ БЕЗОПАСНОСТИ	209
МАГИСТРЫ Победители конкурса «Научный Эверест» Университета ИТМО.....	214
Баловнев Даниил Юрьевич	
РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ПО АТМОСФЕРНЫМ ОПТИЧЕСКИМ ЛИНИЯМ СВЯЗИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОДНОМОДОВОГО ВОЛОКНА	215
Власова Мария Андреевна	
РАЗРАБОТКА СПОСОБА КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ГАЗОВОЙ ЯЧЕЙКИ КВАНТОВОГО ДАТЧИКА ВРАЩЕНИЯ	218
Гончаров Федор Михайлович	
КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ 90-ГРАДУСНОГО ОПТИЧЕСКОГО ГИБРИДА ДЛЯ ФОТОННЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ КВАНТОВЫХ КОММУНИКАЦИЙ.....	223
Дав Яков Николаевич	
ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ГРАФИЧЕСКОГО ОТОБРАЖЕНИЯ БЛИКОВ НА ПОВЕРХНОСТИ ВОДЫ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ.....	227
Давыдова Евгения Александровна	
МЕТОД ЛАЗЕРНОГО СТРУКТУРИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ СТАЛИ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ АДГЕЗИЕЙ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ В ВОДНОЙ СРЕДЕ	231
Дмитриев Денис Олегович	
ОБОСНОВАНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ СХЕМНЫХ РЕШЕНИЙ ВОЗДУХООХЛАДИТЕЛЯ АВТОНОМНОГО КОНДИЦИОНЕРА.....	235
Захаров Кирилл Александрович	
РАЗРАБОТКА МЕТОДА ГЕНЕРАЦИИ СИНТЕТИЧЕСКИХ ТРАНЗАКЦИЙ В УСЛОВИЯХ ОГРАНИЧЕНИЙ КОНФИДЕНЦИАЛЬНОСТИ	240
Кашурин Александр Ильич	
УСТАНОВЛЕНИЕ ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ НАДМОЛЕКУЛЯРНЫХ САМОСБОРНЫХ СТРУКТУР (БИО)ПОЛИЭЛЕКТРОЛИТНЫХ КОМПЛЕКСОВ ХИТОЗАН:ЖЕЛАТИН И ПОЛУЧЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ НА ИХ ОСНОВЕ.....	245
Краснов Дмитрий Игоревич	
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОГРАММНО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ РАСПОЗНАВАНИЯ МАЛОРАЗМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ	250

Морщинин Иван Владимирович	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВТОРИЧНЫХ МАТЕРИАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ ДЛЯ НАПРАВЛЕННОГО КУЛЬТИВИРОВАНИЯ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ	254
Нгуен Ньы Куанг	
РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ 3D-СКАНИРОВАНИЯ ПОМЕЩЕНИЙ НА БАЗЕ КОЛЕСНОГО РОБОТА	257
Никитин Игорь Юрьевич	
ПЛАЗМОН-УСИЛЕННЫЙ ПЕРЕНОС ЭНЕРГИИ В ГИБРИДНЫХ ПОРИСТЫХ СТРУКТУРАХ	262
Новиченко Александр Андреевич	
ИССЛЕДОВАНИЕ ФЕРМЕНТАТИВНОЙ АКТИВНОСТИ ДРОЖЖЕЙ WICKERHAMOMYCES ANOMALUS (CBS S605T) И ИХ АНТАГОНИСТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ В ОТНОШЕНИИ BACILLUS SUBTILIS SUBSP. SUBTILIS (B-9865) / STUDY OF FERMENTABILITY OF WICKERHAMOMYCES ANOMALUS (CBS S605T) YEAST AND ITS ANTAGONISTIC ACTIVITY AGAINST BACILLUS SUBTILIS SUBSP. SUBTILIS (B-9865)	267
Орлова Анастасия Андреевна	
ИЗУЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ БОЛЬШИХ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ В ЗАДАЧЕ ПРЕДСКАЗАНИЯ ВЫХОДОВ РЕАКЦИЙ	272
Пелагейкина Анна Олеговна	
ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ И НАНОСТРУКТУР ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С ПРОТОНПРОВОДЯЩЕЙ МЕМБРАНОЙ	276
Рудакова Мария Дмитриевна	
РАЗРАБОТКА МЕТОДА АВТОМАТИЗАЦИИ ЭЛЕКТРООРГАНИЧЕСКОГО СИНТЕЗА	280
Садовник Анастасия Антоновна	
ART PROJECT “PER SONITUS AD ASTRA”: RESEARCHING THE POTENTIAL OF SOUND FOR NAVIGATION IN THE COSMOS AND CREATING AN ACOUSTIC EXPERIENCE OF PRESENCE IN AN INTERSTELLAR SPACE BASED ON RADIO ASTRONOMICAL DATA	283
Соколов Илья Денисович	
АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНТЕКСТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА СТАНДАРТОВ 3GPP ДЛЯ УСКОРЕНИЯ МОДЕРНИЗАЦИИ ВСТРОЕННОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ БАЗОВЫХ СТАНЦИЙ	287
Сташишин Александр Иванович	
БИЗНЕС-ТЕЗИС «IRECIPE»: УПРАВЛЕНИЕ РАЗРАБОТКОЙ ПРОТОТИПА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПРИЁМА БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ДОБАВОК	289
Судакова Владислава Витальевна	
ВЫЯВЛЕНИЕ СИМВОЛИЧЕСКОГО КАПИТАЛА ГОРОДА, АККУМУЛИРУЕМОГО ЛОКАЛЬНОЙ ИДЕНТИЧНОСТЬЮ, ДЛЯ ВНЕДРЕНИЯ В ПРОЕКТЫ ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ	292
Сысоенко Мария Вячеславовна	
РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКИХ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ТРАНСФОРМАЦИИ СУБЪЕКТОВ РЫНКА ТРАНСПОРТНЫХ УСЛУГ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ В КОНЦЕПЦИИ ИНДУСТРИИ 4.0	296

Шапошников Борис Юрьевич	
РАЗРАБОТКА НОВОГО МЕТОДА АДАПТАЦИИ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ БЕЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛГОРИТМОВ ОБУЧЕНИЯ С ПОДКРЕПЛЕНИЕМ	301
Яковлев Захар Александрович	
ТОНКАЯ СТРУКТУРА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СПЕКТРА И ДИНАМИКА ФЕРМИ-ПОЛЯРОНОВ В ДВУМЕРНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКАХ.....	303
МАГИСТРЫ Участники конкурса «Научный Эверест» Университета ИТМО	306
Bassel Alshawareb	
VISUAL ANOMALY DETECTION IN INDUSTRIAL ENVIRONMENTS USING QUADROTOR'S ON-BOARD RGB CAMERA	307
Абрамов Владислав Иванович	
АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОМБИНИРОВАННОГО ЦИКЛА АБСОРБЦИОННОЙ ХОЛОДИЛЬНОЙ МАШИНЫ.....	309
Агафонова Юлия Дмитриевна	
РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАСПОЗНАВАНИЯ ПИСЬМЕННОСТИ ЭПОХИ ПОЗДНЕГО РУССКОГО СРЕДНЕВЕКОВЬЯ И НОВОГО ВРЕМЕНИ, НАПИСАННЫХ СКОРОПИСЬЮ И КУРСИВОМ XV–XIX ВЕКОВ	314
Адельшина Элина Валерьевна	
КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА БИБЛИОТЕК ДНК ДЛЯ СЕКВЕНАТОРОВ ВТОРОГО ПОКОЛЕНИЯ НАНОФОР СПС	319
Айрапетова Лаура Вячеславовна	
TUBERCULOSIS AND HIV IN RUSSIA: NATIONAL REGISTRY DATA ANALYSIS	322
Александрова Дарья Дмитриевна	
РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО КОММЕРЦИАЛИЗАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ РОССИЙСКИХ УНИВЕРСИТЕТОВ	326
Альтергот Алина Владимировна	
МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА В СФЕРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	331
Альшауа Рахаф	
SYNTHESIS AND DESIGN OF TENDON-DRIVEN ROBOTIC ARM AND GRIPPER.....	335
Арцытов Николай Андреевич	
РАЗВИТИЕ МОДЕЛЕЙ ТРАНСФЕРА ТЕХНОЛОГИЙ В ВУЗАХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ НА ОСНОВЕ СТАРТАП-СТУДИЙ	340
Афанасьев Георгий Александрович	
ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВЫСОКОТОЧНОЙ УСТАНОВКИ НА ИЗОТОПНОМ МАСС-СПЕКТРОМЕТРЕ	342
Афанасьева Александра Вячеславовна	
АНИЗОТРОПНЫЕ НАНОСТРУКТУРЫ ДЛЯ УСИЛЕНИЯ ПОГЛОЩЕНИЯ В ОБЛАСТИ ЭЛЕКТРОННО-КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ ПЕРЕХОДОВ ОРГАНИЧЕСКИХ МОЛЕКУЛ.....	345
Бархум Зейн Алабедин	
RESEARCH ON DATA-DRIVEN METHODS FOR QUADROTOR MOTION CONTROL UNDER UNCERTAINTIES	349

Белых Александр Андреевич	
РАЗРАБОТКА ЭВОЛЮЦИОННОГО ПОДХОДА К ОПТИМИЗАЦИИ ПРОМПТОВ БОЛЬШИХ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ	354
Блохин Никита Иванович	
КЛАССИФИКАЦИЯ СВЯЗАННЫХ И НЕСВЯЗАННЫХ КОНФОРМАЦИЙ АНТИТЕЛ	357
Большим Максим Антонович	
ОПТИМИЗАЦИЯ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ТРАНСФОРМЕР С СОХРАНЕНИЕМ КОНТЕКСТА ДЛЯ ЗАДАЧ ОБРАБОТКИ ЕСТЕСТВЕННОГО ЯЗЫКА.....	361
Бондаренко Анастасия Григорьевна	
РАЗРАБОТКА МЕТОДА ЛАЗЕРНОЙ ЗАПИСИ МИКРОФЛЮИДНЫХ СИСТЕМ НА КВАРЦЕВЫХ СТЕКЛАХ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ХЕМИЛЮМИНЕСЦЕНТНОГО АНАЛИЗА АКТИВНЫХ ФОРМ КИСЛОРОДА	364
Ботиров Искандар Хушнудович	
ОЦЕНКА ТЕРМООКСИДНЫХ СВОЙСТВ ТЕХНИЧЕСКИХ МАСЕЛ ПРИ ВВЕДЕНИИ АНТИОКСИДАНТНЫХ ДОБАВОК	367
Бошкович Александра Ивановна	
ОПТИМИЗАЦИЯ И ВАЛИДАЦИЯ МЕТОДИКИ АНАЛИЗА ОТНОСИТЕЛЬНОЙ СПЕЦИФИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ЛЕКАРСТВЕННЫХ СРЕДСТВ НА ОСНОВЕ МОНОКЛОНАЛЬНЫХ АНТИТЕЛ	370
Wang Naoyu	
INVESTIGATION OF THE FACTORS INFLUENCING THE PARAMETERS OF POLARIZERS BASED ON MULTILAYER INTERFERENCE COATINGS.....	374
Велеулов Закий Алексеевич	
ИССЛЕДОВАНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ БЕСКОЛЛЕКТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА ПРИ РАЗРАБОТКЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ.....	377
Власова Елизавета Кирилловна	
ОБНАРУЖЕНИЕ СПЕЦИФИЧНЫХ Т-КЛЕТОЧНЫХ РЕЦЕПТОРОВ ПРИ ПОМОЩИ АНАЛИЗА ДАННЫХ СЕКВЕНИРОВАНИЯ РЕПЕРТУАРОВ	381
Воскресенская Анастасия Эдуардовна	
РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОЦЕНКИ ГОТОВНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ К ДОБРОВОЛЬНОЙ ЛЕСНОЙ СЕРТИФИКАЦИИ ПО НАЦИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ	385
Габидулина Злата	
ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ОДНОРАЗОВОЙ ПОСУДЫ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ	390
Гареев Николай Эдуардович	
ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОГО СОСТОЯНИЯ ЛАЗЕРНОЙ ГОЛОВКИ С ПЛАСТИКОВЫМ КОРПУСОМ.....	395
Гармаев Аюр Тумэнович	
РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ АЛГОРИТМА ОБРАБОТКИ СИГНАЛА ИНКРЕМЕНТНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ОТКРЫТОГО ТИПА И ЕГО ИМПЛЕМЕНТАЦИЯ НА ПРОГРАММИРУЕМОЙ ЛОГИКЕ	399

Геллерт Михаил Евгеньевич	
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ РЕАЛИЗАЦИИ АТАКИ С ВРЕМЕННЫМ СДВИГОМ ЗОНДИРУЮЩИХ ИМПУЛЬСОВ НА СИСТЕМУ КВАНТОВОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КЛЮЧЕЙ НА БОКОВЫХ ЧАСТОТАХ.....	403
Гладских Антон Аркадьевич	
ЛАЗЕРНО-ИНДУЦИРОВАННАЯ МОДИФИКАЦИЯ ПЛАЗМОННЫХ СВОЙСТВ ОДНО- И ДВУХЭЛЕМЕНТНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ НАНОСТРУКТУР / LASER-DRIVEN PLASMONIC CHARACTERISTICS IN MONO- AND BIMETALLIC NANOSTRUCTURES	407
Гомонюк Александр Павлович	
ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА СПОСОБА ПРОИЗВОДСТВА КОРОНЫ СТАТОРА ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ	412
Горнов Артем Максимович	
РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ВИХРЕТОКОВОГО КОНТРОЛЯ ДЕФЕКТОВ В КОНСТРУКЦИЯХ ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ	414
Грбарник Илья Павлович	
МЕТАГЕНОМНЫЙ АНАЛИЗ МИКРОБНЫХ СООБЩЕСТВ НАЦИОНАЛЬНЫХ КИСЛОМОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ	417
Гриднева Софья Михайловна	
ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНЫХ КОМПОНЕНТОВ ЗАПОВЕДНИКА «БАСТАК»	420
Грицай Арина Игоревна	
БИЗНЕС-ТЕЗИС "PARIMATE": РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ДЛЯ ДЕТЕКЦИИ НЕЦЕНЗУРНОГО КОНТЕНТА НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ И РЕКОМЕНДАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ СОВМЕСТНОЙ ВЫРАБОТКИ ПРИВЫЧЕК	424
Гусельников Михаил Сергеевич	
ДИНАМИКА ПОЛЯ И СПЕКТРА ТЕРАГЕРЦОВЫХ ВОЛН ИЗ МАЛОГО ЧИСЛА КОЛЕБАНИЙ ПРИ ДВУХФОТОННОМ РЕЗОНАНСНОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С КОЛЕБАТЕЛЬНОЙ МОДОЙ ОПТИЧЕСКОЙ СРЕДЫ	429
Джумаев Мухаммед Хемраевич	
ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ.....	434
Дорофеева Виктория Викторовна	
БИЗНЕС ТЕЗИС "ЛАМИ": РАЗРАБОТКА СТРАТЕГИИ ПРОДВИЖЕНИЯ ПРОБИОТИКА ЛАМИНОКТАТ НА РОССИЙСКОМ WELLNESS РЫНКЕ.....	437
Дравгелис Виталий Александрович	
ПОИС И ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ПАТТЕРНОВ НА КАРТЕ КОНТКАТОВ NI-C	439
Дубинина Полина Максимовна	
БИЗНЕС-ТЕЗИС "MY VOICE": КОММУНИКАЦИОННАЯ СТРАТЕГИЯ РАЗВИТИЯ ДИАЛОГОВОГО СУРДОПЕРЕВОДЧИКА ДЛЯ ПОМОЩИ В ВЕДЕНИИ ДИАЛОГА МЕЖДУ ГЛУХИМИ И СЛЫШАЩИМИ ЛЮДЬМИ.....	443

Дубровина Маргарита Дмитриевна	
ФОРМИРОВАНИЕ ESG-РЕЙТИНГА КОМПАНИЙ НЕФИНАНСОВОГО СЕКТОРА НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ДИВЕРГЕНЦИИ СУЩЕСТВУЮЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ	446
Душкина Александра Андреевна	
КОСМОС. ИНТЕРАКТИВНЫЕ ПРИКЛЮЧЕНИЯ: ПРОЕКТ ПОЗНАВАТЕЛЬНОГО КОМИКСА ДЛЯ ДЕТЕЙ МЛАДШЕГО ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА.	449
Елистратова Анастасия Романовна	
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ХОЛОДИЛЬНУЮ ОТРАСЛЬ	451
Еремеева Мария Александровна	
ГЕНЕРАТИВНЫЙ ДИЗАЙН НОВЫХ КАТАЛИТИЧЕСКИХ ЦЕНТРОВ РНК-РАСЦЕПЛЯЮЩИХ ДНКЗИМОВ.....	454
Ермаченкова Маргарита Кареновна	
БИЗНЕС-ТЕЗИС “HIREMENOW”: РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БОЛЬШИХ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ СЕРВИСА РАЗВИТИЯ И ОЦЕНКИ КОМПЕТЕНЦИЙ.....	457
Жанаева Айзада Ускенбайкызы	
ОЦЕНКА РИСКОВ И ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРЕДПРИЯТИЙ ДЛЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ИНТЕГРИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА	460
Жданов Яков Юрьевич	
УПРАВЛЕНИЕ ОСНОВНЫМИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССАМИ В E-COMMERCE КОМПАНИЯХ В УСЛОВИЯХ КРИЗИСА	462
Жуков Дмитрий Николаевич	
БИЗНЕС-ТЕЗИС «HIREMENOW»: РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ГЕНЕРАЦИЙ ЗАДАНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ БОЛЬШИХ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ СЕРВИСА РАЗВИТИЯ И ОЦЕНКИ КОМПЕТЕНЦИЙ.....	465
Земсков Антон Николаевич	
РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦИФРОВОГО РУБЛЯ В РАСЧЕТАХ	468
Иванов Артем Вацлавович	
РАЗРАБОТКА МЕТОДИК УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЕКТАМИ ЧЕРЕЗ УПРАВЛЕНИЕ ПРОДУКТОВЫМИ КОМАНДАМИ / DEVELOPMENT OF METHODS FOR MANAGING TECHNOLOGICAL PROJECTS THROUGH PRODUCT TEAM MANAGEMENT	472
Иванова Екатерина	
«ЗЕЛЕНЬ» СИНТЕЗ НАНОЧАСТИЦ ОКСИДА ЦИНКА	477
Игнатьев Семён Павлович	
ОЦЕНКА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ СТУПЕНИ ОХЛАЖДЕНИЯ СХЕМЫ СЖИЖЕНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА, ЗАПАТЕНТОВАННОЙ ОАО “ГАЗПРОМ”	480
Измайлова Алина Александровна	
МЕТОДЫ ПРОДВИЖЕНИЯ МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ В СФЕРЕ GAMEDEV НА ОСНОВЕ КОНЦЕПЦИИ МАРКЕТИНГА ВПЕЧАТЛЕНИЙ.....	483

Катернюк Елена Владиславовна ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ РЫНКА ТРУДА ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ML-СООБЩЕСТВА В РОССИИ	486
Комарова Алёна Алексеевна МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ХАОТИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ПОМОЩЬЮ РЕЗЕРВУАРНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ	489
Конаков Александр Михайлович РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ГОТОВНОСТИ КРИТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ.....	492
Коновалова Юлия Сергеевна РОЛЬ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ В ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ЛЕСНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ: ОСОБЕННОСТИ В УСЛОВИЯХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ОГРАНИЧЕНИЙ	496
Кошельков Виталий Сергеевич ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И РЕАЛИЗАЦИИ СОВРЕМЕННЫХ ВЕБ-СЕРВИСОВ В ОБЛАСТИ HR	501
Крылова Екатерина Владимировна БИЗНЕС-ТЕЗИС «DE:КАТЕ»: РАЗРАБОТКА АУТЕНТИЧНОЙ ОНЛАЙН-ШКОЛЫ НЕМЕЦКОГО ЯЗЫКА С ВНЕДРЕНИЕМ ЧАТ-БОТА.....	504
Кувшинов Роман Анатольевич УПРАВЛЕНИЕ ОПЫТОМ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ RNYGITAL-БРЕНДОВ НА ОСНОВЕ КОНЦЕПЦИИ ЭКОСИСТЕМЫ ЗНАНИЙ	508
Кузнецов Алексей Васильевич ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ РАЗМЕЩЕНИЯ ТРЕХМЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ В КАМЕРЕ ПОСТРОЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПОДГОТОВКИ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ SLM- ПРИНТЕРА	512
Лаппо-Данилевская Анастасия Константиновна ПРИМЕНЕНИЕ ОДНОПИКСЕЛЬНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДЛЯ ЗАДАЧ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ТРЁХМЕРНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ОБЪЕКТОВ.....	514
Лемешонок Елена Игоревна ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПОДГОТОВКИ И ОБРАБОТКИ СРЕДСТВ ДОСТАВКИ ПРОБИОТИЧЕСКИХ МИКРООРГАНИЗМОВ.....	518
Лёсин Илья Алексеевич ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТЕНЦИАЛА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УТИЛИЗАЦИИ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ КАК АЛЬТЕРНАТИВНОГО ИСТОЧНИКА ЭНЕРГИИ	521
Li Yujiao DEVELOPMENT OF A LASER SCANNING SYSTEM FOR NON-TRANSPARENT OBJECTS.....	526
Маалла Язан RESEARCH ON ROBUST VISUAL-INERTIAL ODOMETRY ALGORITHMS FOR QUADCOPTERS LOCALIZATION	528
Мамедгулиев Руслан Исламович РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВНЕДРЕНИЯ ЦИФРОВЫХ РЕШЕНИЙ В АРХИТЕКТУРУ КОРПОРАТИВНЫХ УНИВЕРСИТЕТОВ.....	533

Маньшина Елена Витальевна	
ИССЛЕДОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ПОДХОДОВ К РЕНДЕРИНГУ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЙ.....	537
Миргазов Эдуард Радикович	
ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАДАЧИ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ БПЛА НА ОСНОВЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ С КАМЕРЫ	541
Михеева Екатерина Ивановна	
ВIOFRAMEWORK: РАЗРАБОТКА МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ, ЛАБОРАТОРИЙ-НА-ЧИПЕ, ДЛЯ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ДИАГНОСТИКИ.....	545
Мясников Сергей Евгеньевич	
РАЗРАБОТКА МЕТОДА КОРРЕКЦИИ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ИСКАЖЕНИЙ НА ВИДЕОИЗОБРАЖЕНИИ.....	549
Най Богдан Евгеньевич	
ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ФИНАНСИРОВАНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ.....	552
Никанорова Марина Валерьевна	
УЛУЧШЕНИЕ РАСЧЕТОВ СВОБОДНОЙ ЭНЕРГИИ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА ОБМЕНА ГАМИЛЬТОНОВЫМИ РЕПЛИКАМИ.....	556
Озерова Ксения Вадимовна	
РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ОБЪЕКТИВА ДЛЯ ОПТИЧЕСКОЙ ГОЛОВКИ ЛАЗЕРНОГО ПРИНТЕРА	561
Осипов Ефим Витальевич	
СОДИЗАЙН НЕПОЛНОПРИВОДНЫХ МЕХАНИЗМОВ ЗАХВАТНЫХ УСТРОЙСТВ И ШАГАЮЩИХ РОБОТОВ ПОСРЕДСТВОМ ГЕНЕРАТИВНЫХ АЛГОРИТМОВ	566
Пандаков Виктор Викторович	
БИЗНЕС-ТЕЗИС “НІREМЕНOW”: РАЗРАБОТКА МУЛЬТИАГЕНТНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ СЕРВИСА ОЦЕНКИ КОМПЕТЕНЦИЙ СОИСКАТЕЛЕЙ	570
Панченко Дарья Дмитриевна	
ВЛИЯНИЕ ПЕРЕСТРОЙКИ РЕГУЛЯТОРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ГЕНОМА НА СТРУКТУРЫ ХРОМАТИНА В КЛЕТКАХ РАКА ГОЛОВНОГО МОЗГА ЧЕЛОВЕКА	573
Пахалок Альбина Магомедовна	
РАЗРАБОТКА БУМАЖНОГО АНАЛИТИЧЕСКОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ МУЛЬТИПЛЕКСНОГО АНАЛИЗА МЕТАБОЛИТОВ РАСТЕНИЙ.....	576
Петухов Виктор Алексеевич	
РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ВЫЯВЛЕНИЯ МАШИННО-СГЕНЕРИРОВАННЫХ ТЕКСТОВ, ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ СОЦИОТЕХНИЧЕСКИХ АТАК	580
Пивоваров Артем Дмитриевич	
БИЗНЕС-ТЕЗИС "SERARM": МОДИФИКАЦИЯ СВОЙСТВ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДОМ ИМПУЛЬСНОГО ЛАЗЕРНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ	583
Пименов Андрей Владимирович	
РАЗРАБОТКА И АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ СВЕРХВЫСОКОРАЗМЕРНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ СЕМАНТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ	586

Пономарёва Валерия Александровна	
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УСЛОВИЙ ПРОВЕДЕНИЯ ЭТАПА ХИМИЧЕСКОГО ТРАВЛЕНИЯ НА ОПТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ОБРАЗЦОВ НАНОПОРИСТЫХ СИЛИКАТНЫХ МАТРИЦ	590
Прокофьева Ирина Алексеевна	
БИЗНЕС-ТЕЗИС "PARIMATE": РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ СОВМЕСТНОЙ ВЫРАБОТКИ ПРИВЫЧЕК, ДЕТЕКЦИЯ ТОКСИЧНЫХ СООБЩЕНИЙ И НАСТРОЙКА ИНФРАСТРУКТУРЫ.....	595
Проскурин Глеб Егорович	
ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА MLOPS КОНВЕЙМЕРА ДЛЯ БАНКОВСКОЙ СРЕДЫ НА ПРИМЕРЕ ПРЕДСКАЗАНИЯ КРЕДИТНОГО ДЕФОЛТА	598
Пузырева Дарья Игоревна	
СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ВЫБРОСОВ НА ОСНОВЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ	601
Разина Ирина Ивановна	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ ПЕРЕРАБОТКИ ГРИБОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ	604
Резаева Мария Александровна	
РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ ПОТОКАМИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ПРИМЕРЕ УМНОГО ДОМА	608
Рыбкин Ян Сергеевич	
ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АЛГОРИТМОВ ПРЕДСКАЗАТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА И РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ В СЕРВИСЕ МАЙНИНГА ЦИФРОВЫХ ВАЛЮТ	612
Самойлова Александра Сергеевна	
ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА НАИЛУЧШИХ ДОСТУПНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ ВЫБРОСОВ ЛЕТУЧИХ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ.....	615
Сауков Павел Александрович	
РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ВЫЯВЛЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ ИЛИ СИНТЕЗА ГОЛОСА В АУДИОЗАПИСЯХ НА ОСНОВЕ ГЛУБОКОГО МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ.....	620
Семенова Валерия Олеговна	
BUSINESS THESIS "MY VOICE": DEVELOPMENT OF DIALOG SIGN LANGUAGE TRANSLATOR SOFTWARE TO ASSIST IN DIALOG BETWEEN DEAF AND HEARING PEOPLE	623
Сердюков Александр Николаевич	
РАЗРАБОТКА ИНСТРУМЕНТА NIST ДЛЯ ИНТЕРАКТИВНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ, РУЧНОГО СКАФФОЛДИНГА И ВАЛИДАЦИИ ГЕНОМНЫХ СБОРОК НА ОСНОВЕ ДАННЫХ NI-C	627
Согришина Мария Олеговна	
БИЗНЕС-ТЕЗИС «IRECIPE»: РАЗРАБОТКА СТРАТЕГИИ ПРОДВИЖЕНИЯ ПРОТОТИПА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПРИЁМА БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ДОБАВОК	631

Степанова Анна Андреевна	
АРТ-ПРОЕКТ «ONISM MACHINA»: ИССЛЕДОВАНИЕ БИОМЕТРИЧЕСКИХ ПАТТЕРНОВ, КОРРЕЛИРУЮЩИХ С ИЗМЕНЕНИЕМ ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ	636
Стюфляева Юлия Константиновна	
РАЗРАБОТКА ПОДХОДА ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО БЕТА-АМИЛОИДНОГО ПЕПТИДА В МАЛЫХ КОЛИЧЕСТВАХ	639
Сулова Инна Александровна	
БИЗНЕС-ТЕЗИС "УМИТЕР": ПРОВЕДЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РЫНКА И РАЗРАБОТКА МАРКЕТИНГОВОГО ПЛАНА УМНОГО ТЕРРАРИУМА	642
Тарабрина Ангелина Дмитриевна	
МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ МАРШРУТИЗАЦИИ КВАНТОВЫХ КАНАЛОВ В ОПТИЧЕСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ СЕТЯХ.....	645
Усов Иван Станиславович	
АВТОМАТИЧЕСКАЯ КЛАСТЕРИЗАЦИЯ РАСПРЕДЕЛЁННЫХ МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ ДАННЫХ	649
Федорец Надежда Михайловна	
БИЗНЕС-ТЕЗИС «г_ IENSES»: РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЙ СБОРА И ПЕРЕРАБОТКИ ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИНЗ.....	654
Федорова Анастасия Юрьевна	
РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ПОДВОДНОГО АППАРАТА С МЕХАНИЗМОМ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОРИЕНТАЦИИ ВЕКТОРА ТЯГИМАРШЕВОГО ДВИЖИТЕЛЯ	658
Фирюлин Данил Романович	
РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СФЕРОПЛАСТИКА В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ.....	662
Хабалова Анжела Робертовна	
РАЗРАБОТКА СТРАТЕГИИ РЕДЕВЕЛОПМЕНТА БЫВШИХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ СМЕШАННОГО ТИПА НА ПРИМЕРЕ Г. КАЗАНИ	666
Харитонов Дмитрий Эдуардович	
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ АНАЛИЗА ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ ПАСВЕЕВ.....	670
Харлов Леонид Игоревич	
МОДЕЛИРОВАНИЕ ВНУТРИГОРОДСКОГО ПРОСТРАНСТВЕННОГО НЕРАВЕНСТВА: НЕРАВНОМЕРНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УДОБСТВ В ГОРОДАХ МИРА / MODELLING INTRACITY SPATIAL INEQUALITY: UNEVEN DISTRIBUTION OF AMENITIES IN WORLD CITIES	674
Хохлова Полина Владимировна	
ФОРМИРОВАНИЕ КОРПОРАТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТЬЮ ОРГАНИЗАЦИИ В ОБЛАСТИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ	677
Храмцов Кирилл Владимирович	
РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ ДЛЯ РАСЧЕТА УСТАНОВИВШИХСЯ РЕЖИМОВ ТРЕХФАЗНЫХ СИММЕТРИЧНЫХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПРОИЗВОЛЬНОЙ КОНФИГУРАЦИИ.....	682

Чан Бао Хан	
РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ И ТЕХНОЛОГИИ СЫРНОГО ПРОДУКТА С РЕГУЛИРУЕМЫМ ЖИРНОКИСЛОТНЫМ СОСТАВОМ.....	685
Чекрыгин Егор Сергеевич	
ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МАРКЕТПЛЕЙСА ДЛЯ ПОКУПКИ И ПРОДАЖИ ЭКСКЛЮЗИВНЫХ БИТОВ.....	689
Чернявская Екатерина Игоревна	
ФОРМИРОВАНИЕ И РАЗВИТИЕ RHYGITAL-БРЕНДОВ НА ОСНОВЕ КОНЦЕПЦИИ ФОРСАЙТ-МАРКЕТИНГА	693
Шайтанова Ксения Андреевна	
РАЗРАБОТКА СТАБИЛЬНОЙ ПРЕПАКУЮЩЕЙ КЛЕТОЧНОЙ ЛИНИИ ДЛЯ НАРАБОТКИ АДЕНОАССОЦИИРОВАННЫХ ВИРУСНЫХ ВЕКОРОВ	698
Шаповаленко Екатерина Андреевна	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦ МОДЕЛЕЙ АГЛОМЕРАЦИИ НА ОСНОВЕ НЕРАВНОМЕРНО- РАЙОНИРОВАННОЙ МОДЕЛИ	702
Щиголев Никита Александрович	
РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ВЫЯВЛЕНИЯ СГЕНЕРИРОВАННЫХ ТЕКСТОВ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИЙ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В ЗАДАЧАХ ОБРАБОТКИ ЕСТЕСТВЕННОГО ЯЗЫКА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ БАНКОВСКОЙ ОРГАНИЗАЦИИ.....	706
Югай Владислав Эдуардович	
РАЗРАБОТКА ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ СБОРА ДАННЫХ ПРИБОРА ДИНАМИЧЕСКОГО ИНДЕНТИРОВАНИЯ.....	711
Юхин Семен Евгеньевич	
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ФОТО-ФЕНТОН ОКИСЛЕНИЯ ДЛЯ ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ СТОЧНЫХ ВОД ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ.....	715

ВВЕДЕНИЕ

Бюллетень работ конкурса «Научный Эверест» Университета ИТМО опубликована по результатам конкурса «Научный Эверест» на лучшую научно-исследовательскую выпускную квалификационную работу выпускников (НИВКР) Университета ИТМО 2024 года (Приказ о подготовке и проведении конкурса № 777-од от 30.05.2024 года).

Конкурс проводился в целях привлечения студентов к научно-исследовательской деятельности и участия в научных исследованиях, усиления роли научно-исследовательской работы в повышении качества подготовки выпускников и формировании резерва кадров высшей квалификации, а также в целях реализации гранта в форме субсидий из федерального бюджета образовательным организациям высшего образования на реализацию мероприятий, направленных на поддержку студенческих научных сообществ в соответствии с Положением ПКНЭ-СМК-595-2024. Конкурсная комиссия оценивала умение студента проводить самостоятельную творческую исследовательскую работу, профессиональную зрелость выпускника и его способность решать реальные научно-технические задачи.

Первый этап конкурса проводился на выпускающих факультетах/институтах/кластерах университета. Государственная экзаменационная комиссия (ГЭК) определяла лучшие работы по каждому из направлений подготовки в ходе защиты выпускной квалификационной работы (ВКР). Для участия в конкурсе по итогам защит ГЭК было рекомендовано 566 выпускников. Из них приняло участие: 348 магистров и 218 бакалавров.

Второй этап конкурса проводился на мегафакультетах университета, где советы мегафакультетов определили лучшие ВКР среди бакалавров и магистров своего мегафакультета из числа работ студентов, выделенных комиссией ГЭК на первом этапе.

Статистические данные участия в конкурсе

Статус студентов	Приняло участие	Подали заявки на публикацию в сборнике	Победители
Бакалавры	218	157	15
Магистры	348	223	23

По итогам конкурса определено 15 победителей-бакалавров и 23 победителя среди магистров.

Основные критерии оценки работ

При оценке работ на конкурсе учитывались следующие критерии:

- актуальность научного исследования;
- степень самостоятельности и качество выполнения ВКР;
- оригинальность предложенных решений;
- качество оформления ВКР (в том числе соблюдение ГОСТов);
- логичность и стиль изложения;
- выполнение ВКР в рамках научного проекта, научно-исследовательской работы или опытно-конструкторской работы в качестве исполнителя;
- наличие выигранных грантов по тематике ВКР;
- доклады на научных конференциях, семинарах, конкурсах, выставках всех уровней по тематике ВКР (международных, всероссийских, региональных);

- награды, полученные на международных, всероссийских, региональных конкурсах по тематике ВКР;
- наличие патентов, заявок на объекты интеллектуальной собственности по тематике ВКР;
- публикации в международных и российских рецензируемых научных журналах и изданиях, трудах конференций, сборниках научных работ по тематике ВКР.

Для подведения итогов конкурса представлялись следующие документы:

- аннотация ВКР от 2 до 4 страниц;
- информация о научных результатах и достижениях по тематике ВКР за последние 2 года обучения;
- экспертное заключение о возможности опубликования в соответствии с требованиями локальных нормативных актов Университета ИТМО.

Итоги конкурса утверждены в Приказе *о подведении итогов конкурса «Научный Эверест»* № 2512-уч от 22.07.2024 года.

Организационную работу по конкурсу проводили Студенческое научное общество Университета ИТМО и Учебный центр студенческой науки, конференций и выставок.

БАКАЛАВРЫ
Победители конкурса
«Научный Эверест»
Университета ИТМО

Выпускник

Абрамова Ксения Александровна

образовательный центр "Энергоэффективные инженерные системы"

e-mail: Ksu.abramova.2001@mail.ru

Научный руководитель

Кравченко Юлия Андреевна

аспирант, ассистент образовательного центра "Энергоэффективные инженерные системы"

e-mail: jasolonina@itmo.ru

УДК 665.7

ПЕРЕРАБОТКА ПОПУТНОГО НЕФТЯНОГО ГАЗА В ГАЗОМОТОРНОЕ ТОПЛИВО ПО МЕСТУ ДОБЫЧИ

Ключевые слова

Газомоторное топливо, нефтяной газ, переработка ПНГ, ГМТ, метан, низкотемпературная сепарация.

Цели и задачи

Разработка технологии получения топливного газа из попутного нефтяного газа. Разработка технологической схемы; моделирование процесса переработки нефтяного газа в моторное топливо путем низкотемпературно сепарации; определение параметров технологического процесса.

Введение

В 2022 году в России насчитывалось более 7800 нефтяных скважин, что на 7% больше, чем в 2021 году. По данным газеты «Коммерсантъ» от 10 января 2023 года к концу 2022 года добыча нефти в России увеличилась на 2% [1]. По данным Минэнерго за 8 месяцев 2023 года было введено в эксплуатацию еще 5725 скважин. Динамика ввода новых скважин, а следовательно, и добыча основного углеводородного сырья будет только увеличиваться с течением времени. При добыче нефти неизбежно добывается попутный нефтяной газ (ПНГ), который является природным газом, растворенным в добываемой нефти. В состав попутного нефтяного газа входят: метан, этан, пропан, бутан и изобутан. Данные углеводороды содержатся в ПНГ с разной концентрацией, которая напрямую зависит от свойств нефтяного месторождения. В зависимости от региона добычи в 1 т нефти может содержаться от 1 м³ до 1000 м³ ПНГ. Выделение попутного нефтяного газа создает определенные логистические проблемы. Основной коммерческий продукт – нефть добывается и транспортируется в жидком виде, поэтому для его перемещения можно использовать как непрерывные трубопроводы, так и дискретные, цистерны и танкеры, способы транспортирования. Это

позволяет вывозить нефть с любого месторождения. Задача транспортирования ПНГ гораздо сложнее, так как из-за низкой плотности попутного газа его можно транспортировать либо по трубопроводу, либо в сжиженном виде. Строительство специализированных трубопроводов для транспортирования попутного нефтяного газа нерентабельно из-за того, что объемы добываемого газа невелики.

Основная часть (методология, результаты)

Далеко не весь ПНГ перерабатывается и используется экономически целесообразными способами. Способы утилизации или использования напрямую зависят от объемов добываемого ПНГ, наличия эффективных технологий, геологической структуры региона, в котором расположено месторождение, удаленности данного месторождения от инфраструктуры.

Для крупных месторождений рациональна переработка ПНГ, как для местного потребления, так и для продажи на рынке уже переработанного сырья. При этом для малых нефтедобывающих станций рационально перерабатывать ПНГ для собственных нужд и нужд близлежащих инфраструктур.

Большинство транспорта, работающего на нефтегазовых месторождениях, использует в качестве топлива нефтепродукты, бензин и дизельное топливо. В последние годы видно, что нефтепродукты могут быть успешно заменены газомоторным топливом, которое в условиях холодного климата обеспечивает улучшение процесса запуска двигателей внутреннего сгорания.

Обычно газомоторное топливо используется в сжиженном или компримированном состоянии. ГОСТ Р 56021–2014 «Газ горючий природный сжиженный. Топливо для двигателей внутреннего сгорания и энергетических установок» (табл. 1 и 2) устанавливает требования к составу газомоторного топлива [2, 3]. Для того, чтобы получить из ПНГ газомоторное топливо, из исходного сырья необходимо удалить тяжелые фракции углеводородов и снизить содержание диоксида углерода.

Таблица 1. СПГ – ГОСТ Р 56021–2014

Наименование показателя	Значение для марки топлива		
	А	Б	В
Молярная доля CH_4 , %, не более	99,000	80,000	75,000
Молярная доля N_2 , %, не более	-	5,000	5,000
Молярная доля CO_2 , %, не более	0,005	0,015	0,030
Молярная доля O_2 , %, не более	0,020		
Массовая концентрация H_2S , г/м ³ , не более	0,020		
Массовая концентрация CH_3SH , г/м ³ , не более	0,036		

Таблица 2. КПГ ГОСТ 27577–2000

Наименование показателя	Значение
Концентрация H_2S , г/м ³ , не более	0,020
Концентрация CH_3SH , г/м ³ , не более	0,036
Масса механических примесей в 1 м ³ , мг не более	1,000
Суммарная объемная доля негорючих компонентов, %, не более	7,000
Объемная доля O_2 , %, не более	1,000
Концентрация паров воды, мг/м ³ , не более	9,000

Решить данную научно-техническую задачу можно с использованием методов низкотемпературной сепарации, которые позволяют выделить из состава ПНГ так называемый сухой отбензиненный газ, из тяжелых фракций исходного сырья получить стабильный газовый конденсат, который находится в жидком виде при нормальных условиях, что значительно упрощает его процесс транспортирования и коммерческой реализации.

Общее представление о технологии низкотемпературной сепарации ПНГ позволяет составить блок-схему. Она представлена на рисунке. ПНГ проходит через установку первичной подготовки газа (УППГ), где из него выделяется нестабильный газовый конденсат (КГН), газовая фракция сырьевого потока, при необходимости, дожимается в сырьевой компрессорной станции (СКС) и поступает в узел низкотемпературной сепарации (НТС). В НТС температура сырьевого потока снижается до уровня менее 230 К, что создает условия для конденсации «тяжелых» углеводородов и обогащения газовой фракции легкими компонентами. Газовая фракция поступает в (ДКС) дожимающую компрессорную станцию, которая повышает давления газа до уровня 25 МПа. Сжатый топливный газ поступает в хранилище компримированного газомоторного топлива, откуда осуществляется заправка транспортных средств. Поток конденсата газового нестабильного из УППГ и НТС направляется на дальнейшую переработку в сжиженном виде под избыточным давлением.

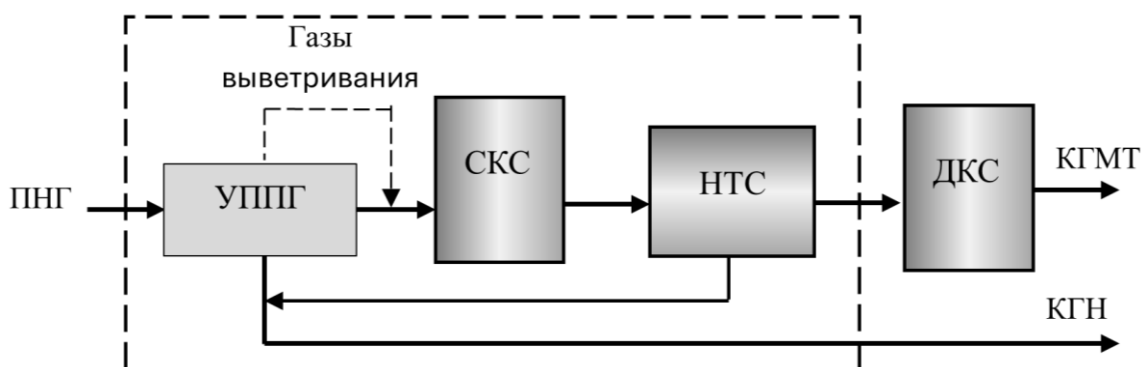


Рисунок. Блок-схема установки низкотемпературной сепарации ПНГ. (УППГ – установка первичной подготовки газа, СКС – сырьевая компрессорная станция, НТС – узел низкотемпературной сепарации, ДКС – дожимающая компрессорная станция, КГН – конденсат газовый нестабильный, КГМТ – компримированное газомоторное топливо)

В зависимости от исходного состава ПНГ его переработка в газомоторное топливо будет сопряжена с использованием различных температур в блоке НТС. В рамках данного проекта предполагается рассмотреть процесс низкотемпературной сепарации ПНГ с разными содержаниями метана, для оценки влияния состава ПНГ на технологию его утилизации.

Выводы. Проведен анализ состава попутного нефтяного газа и разработана установка по очистке и переработке ПНГ в газомоторное топливо. На основе полученных результатов, была проведена оценка потребительских качеств ГМТ, в частности были рассчитаны низшая теплота сгорания смеси и расчетное октановое число. Эти критерии позволили оценить качество полученного топлива в ходе очистки ПНГ методом НТС и сравнить его с другим топливом для ДВС. Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о работоспособности смоделированной установки, а следовательно, и успешном завершении поставленных задач. В продолжении данного исследования планируется привести полученную установку к современному мобильному виду - контейнерного типа. Это значит, что потребитель покупает контейнер с компактной установкой внутри, состыкует со своей установкой по добыче нефти и на выходе получает готовое газомоторное топливо. Так, при истощении одной нефтяной скважины, владелец данного контейнера с легкостью может присоединить его к следующей точке добычи нефти.

Список использованных источников

1. Добыча нефти в России. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.tadviser.ru/index.php> (дата обращения: 30.01.2024).
2. СПГ – ГОСТ Р 56021-2014. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://internet-law.ru/gosts/gost/57382/> (дата обращения: 15.01.2024).
3. КИГ ГОСТ 27577-2000. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://internet-law.ru/gosts/gost/6705/> (дата обращения: 15.01.2024).

Выпускник

Байбуртян Виолетта Артуровна

факультет информационных технологий и программирования

e-mail: bayviol@yandex.ru

Научный руководитель

Бутенко Олег Романович

преподаватель факультета информационных технологий и программирования

УДК 004.04

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКТОРА ДЛЯ СОЗДАНИЯ ВИДЕОВИДЖЕТА

Работа выполнена в рамках темы НИР №619296 «Разработка конструктора для создания видеовиджета».

Ключевые слова

Видеовиджет, разработка, конструктор, архитектура, программное обеспечение.

Цели и задачи

Целью выполнения данной выпускной квалификационной работы является разработка серверной и клиентской части конструктора для создания видеовиджета. Задачи, которые необходимо выполнить для достижения цели выпускной квалификационной работы:

1. Проанализировать предметную область.
2. Выявить функциональные и нефункциональные требования.
3. Спроектировать архитектуру на основе требований.
4. Разработать серверную и клиентскую часть веб-приложения.
5. Протестировать полученное решение.

Основная часть (методология, результаты)

Статистика, полученная от отдела аналитики и SEO-специалистов, свидетельствует о том, что небольшие видеофрагменты повышают конверсию сайта, вовлеченность аудитории, увеличивают трафик и количество переходов по ссылкам. А также выделен тот факт, что видео как встраиваемый элемент привлекает и фокусирует больше внимания, в отличие от аналогичного видео в разделе “О товаре”. Разработка веб-приложения для создания видеовиджетов оптимизирует процесс добавления видеоконтента как для клиентов, сократив время для интеграции и предоставив контроль над процессом, так и для самой компании, повысив производительность и спрос с уменьшением затрат на производство. Благодаря

данному инструменту пользователи могут самостоятельно, без участия специалистов создавать и добавлять виджет, что значительно снизит трудозатраты компании на проектирование и тестирование каждого отдельного встраиваемого видеофрагмента.

Согласно нефункциональным требованиям, разрабатываемый продукт должен быть расширяемым. Поэтому было решено использовать паттерн проектирования MVC. Визуализация взаимосвязей различных пространств имён в рамках системы представлена на рисунке 1 в виде диаграммы пакетов [1].

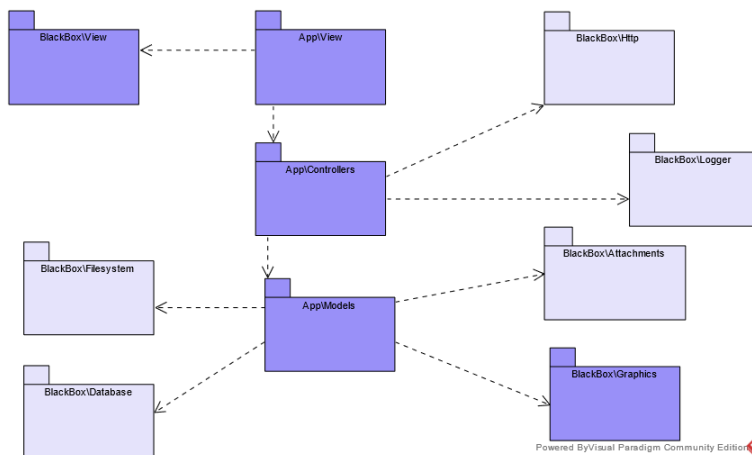


Рис. 1. Диаграмма пакетов взаимосвязей пространств имён

Архитектура спроектирована на базе объектно-ориентированного подхода, обеспечивая инкапсуляцию, модульность и расширяемость. Программная архитектура серверной части представлена в виде диаграммы классов на рисунке 2 [2]. Основной класс, который определяет логику взаимодействия с видеовиджетом, является Widgets. Он предоставляет весь функционал для создания, обновления виджета, обработки видео и сбора аналитики, посредством обращения к базе данных.

За конвертацию и изменение размера видео отвечают отдельно созданные структуры VideoConvert и VideoResize, соответственно. Оба эти класса наследуются от абстрактного класса VideoAbstract, который содержит методы для обращения к библиотеке FFmpeg [3].

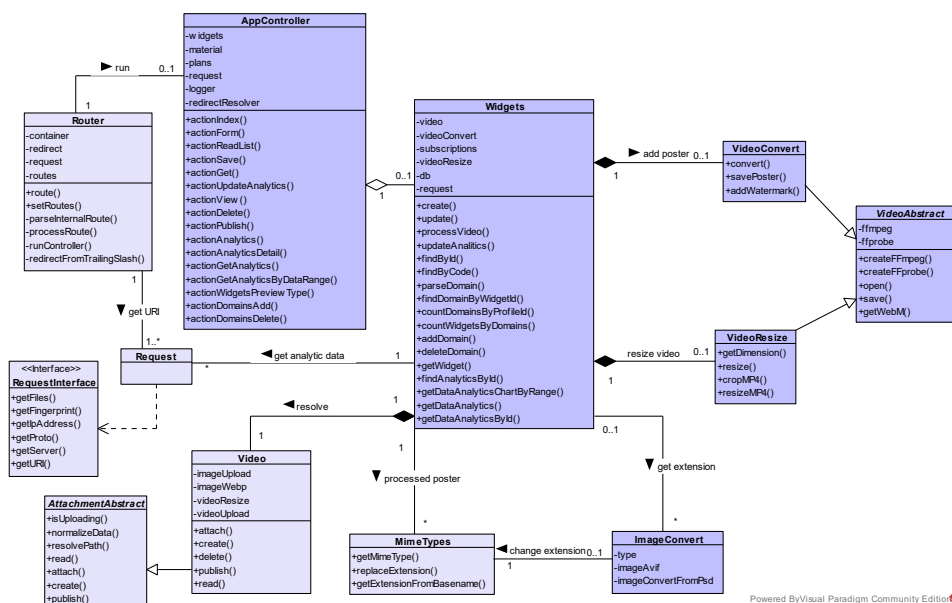


Рис. 2. Диаграмма классов для конструктора видеовиджетов

Пример виджета, расположенного слева, с горизонтальным видео и фиолетовой кнопкой для перехода, представлен на рисунке 3.

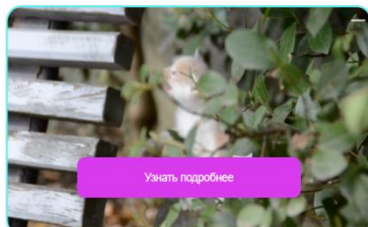
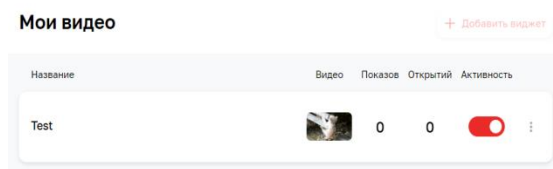


Рис. 3. Диаграмма пакетов взаимосвязей пространств имён

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

Полученным результатом работы является разработанный конструктор для создания видеовиджета. Система позволяет автоматизировать добавление встраиваемых видеороликов на веб-сайт пользователей и просматривать подробную аналитику. Разработанное решение позволило в течение нескольких минут создать персонализированный виджет и интегрировать его на сайт клиента.

В дальнейшей работе планируется применение более мощных серверов и добавление форматов работы с видео.

Список использованных источников

1. Мэтт Зандстра PHP объекты, шаблоны и методики программирования – Пер. с англ. - Москва: ООО "И.Д. Вильямс", 2015. – 576 с.
2. Документация MySQL. [Электронный ресурс]. – Режим доступ: <https://dev.mysql.com/doc/refman/8.0/en/sql-statements.html> (дата обращения: 15.01.2024).
3. Документация FFmpeg. [Электронный ресурс]. – Режим доступ: <https://ffmpeg.org/> (дата обращения: 15.01.2024).

Выпускник

Балцат Константин Иванович

факультет инфокоммуникационных технологий

e-mail: obrasovach@mail.ru

Научный руководитель

Федоров Дмитрий Алексеевич

к.т.н., доцент факультета инфокоммуникационных технологий, старший научный сотрудник исследовательского центра в сфере искусственного интеллекта «Сильный искусственный интеллект в промышленности»

e-mail: dafedorov@itmo.ru

УДК 004.891.2

РАЗРАБОТКА СЕРВИСА ДЛЯ АНАЛИЗА МЕЖЛИЧНОСТНЫХ ОТНОШЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БОЛЬШИХ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ПЕРЕПИСКИ В МЕССЕНДЖЕРЕ

Ключевые слова

Большие языковые модели, техника RAG, мобильные приложения, экспертные системы, мессенджеры, контекст, текстовая коммуникация, персонализированные рекомендации.

Цели и задачи

Цель работы – разработать сервис с возможностью авторизации пользователей и анализа их переписки с использованием больших языковых моделей.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- изучить проблематику разводов и межличностных отношений и связь качества коммуникации между партнерами и вероятности их развода;
- исследовать существующие методики анализа отношений и совместимости пользователей и реализовать некоторые из них в решении;
- проанализировать конкурентов;
- разработать и настроить RAG-пайплайн и инференс больших языковых моделей;
- разработать клиентскую часть с возможностью выгрузки переписки: асинхронный бот в мессенджере Телеграмм;
- разработать стратегию развития проекта и подать заявки на получение грантовой поддержки и финансирования решения для дальнейшей доработки и масштабирования продукта.

Основная часть (методология, результаты)

В результате изучения проблематики разводов и межличностных отношений выявлено, что Россия входит в топ-5 стран по проценту неудачных браков – 73%, а в 15% браки

распадаются из-за некачественной коммуникации между партнёрами [1]. Для решения проблемы некачественной коммуникации может быть использованы персональные консультации психологов, но это решение неавтоматизированное и поэтому дорогое, поэтому предложена разработка интеллектуальной системы анализа вербальной коммуникации партнеров в мессенджерах и составлению фактически-точных персональных рекомендаций по её улучшению.

К разработке предложено мобильное приложение, которое получает доступ к истории чата пользователей, анализирует его и предоставляет результаты отчета в формате PDF. Для ускорения продуктового цикла в качестве приложения первой итерации разработан асинхронный бот в мессенджере Телеграмм на Aiogram, который позволяет пользователям предоставлять доступ сервису к чтению сообщений интересующего чата через создание пользовательской сессии в Pyrogram, и бэкенд на FastAPI, который позволяет логировать действия пользователей и предоставляет возможность совершения CRUD-операций в SQLite базу данных. После предоставления пользователем доступа к сообщениям происходит сохранение переписки в файл txt. Дальнейшая обработка происходит с использованием больших языковых моделей полностью локально. На рисунке 1 схематично представлена архитектура сервиса.

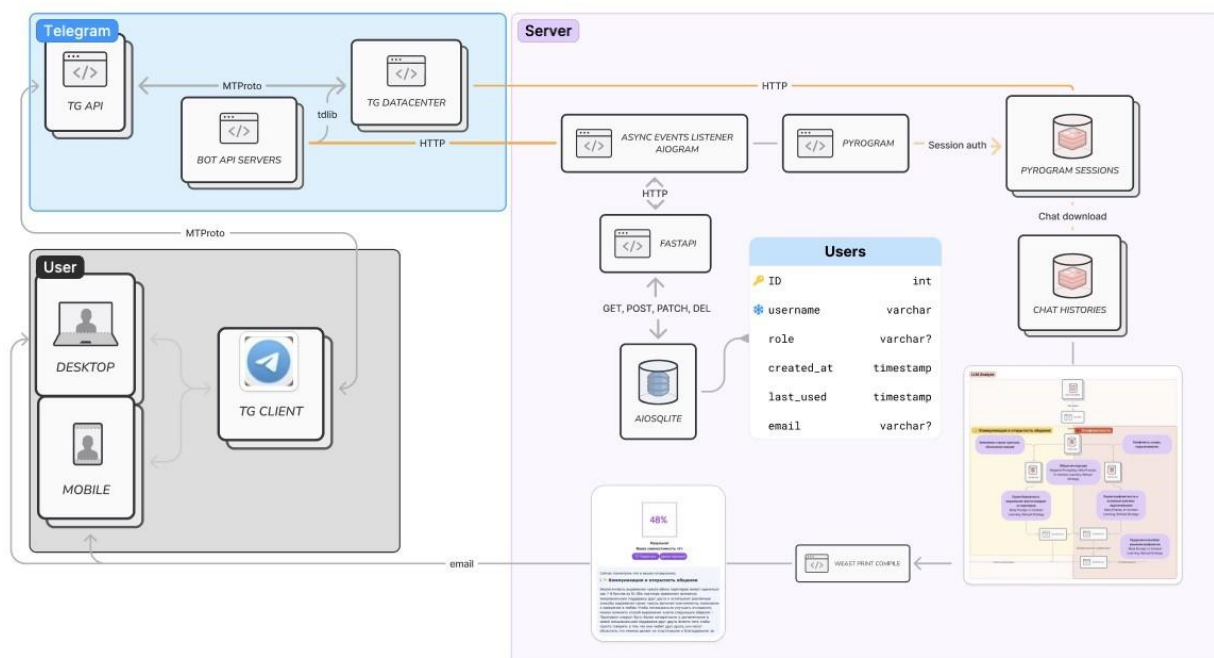


Рис. 1. Архитектура сервиса

Для повышения достоверности анализа и предотвращения галлюцинаций моделей реализована техника Retrieval Augmented Generation (RAG), которая позволяет перед вызовом модели предварительно извлекать релевантный контекст из всего корпуса сообщений в выбранном чате и использовать его в вызове модели [2, 3]. В качестве большой языковой модели использована открытая русифицированная модель на основе Llama3: bambucha/saiga-Llama3, в качестве адаптера для вызова моделей локально на CPU использована открытая библиотека Ollama, для создания и хранения векторных представлений фрагментов текста используется FAISS [4]. Анализ переписки происходит независимо с использованием специфичных заданию промптов по двум направлениям:

- коммуникация и открытость общения,
- конфликтность партнеров.

Для оценки коммуникации и открытости извлекаются фрагменты истории чата, содержащие открытое заявление или выражение своих чувств, конфликтных ситуаций

партнерами, объяснение ими своих эмоций. На основе извлечённого контекста модель далее оценивает экологичность и бережность выражения чувств по шкале от 0 до 10 и предлагает способы улучшения.

Для оценки конфликтности извлекаются фрагменты истории чата, содержащие конфликты, ссоры, недопонимание и отрицательные эмоции. На основе извлечённого контекста модель оценивает конфликтность партнеров по шкале от 0 до 10, выделяет основные причины конфликтов и предлагает варианты их решения.

Каждый сгенерированный вывод модели сопровождается извлечёнными из переписки релевантными ему сообщениями пользователей.

На рисунке 2 показана схема реализации запросов к моделям для формирования отчёта с указанием используемых методов промпт-инжиниринга.

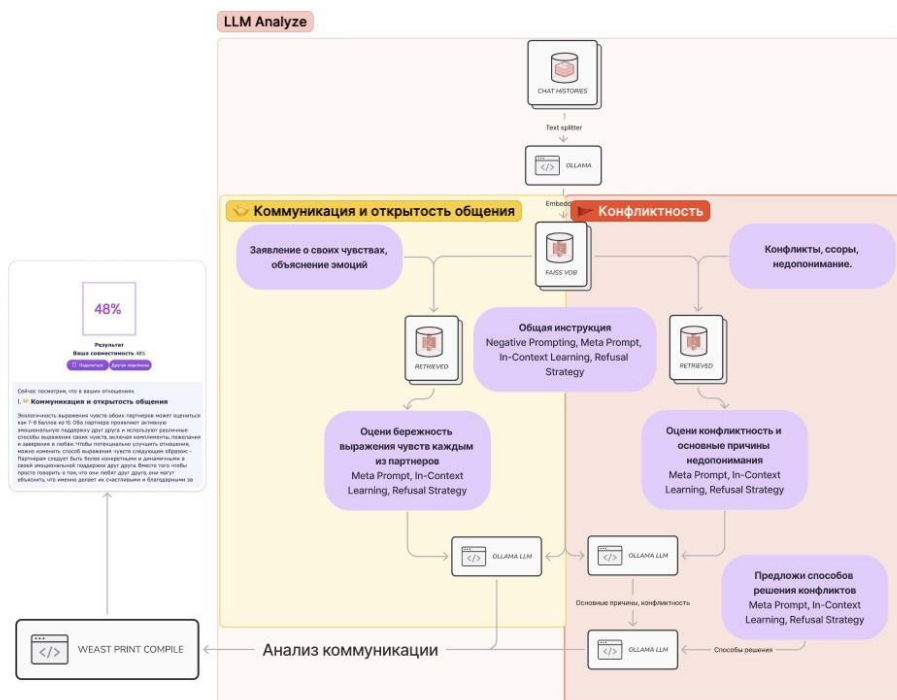


Рис. 2. Схема анализа истории чата и формирования отчёта

В результате анализа полученные десятибалльные оценки по двум направлениям усредняются, чтобы сформировать метрику психологической совместимости пользователей, которая также включается в итоговый отчёт, который компилируется из шаблонного HTML-кода в pdf с использованием библиотеки WeasyPrint. Формируется итоговый отчёт, который после отправляется на электронную почту пользователя и имеет вид, как показано на рисунке 3.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В результате разработан сервис с возможностью авторизации пользователей и анализа их переписки с использованием больших языковых моделей.

Для достижения поставленной цели решены следующие задачи:

- изучена проблематика разводов и межличностных отношений, выявлена связь между качеством коммуникации партнеров и вероятностью развода;
- проведён анализ конкурентов, выявлены основные преимущества и недостатки разрабатываемого решения;
- исследованы существующие методики анализа отношений и совместимости партнеров и в решении реализованы две из них, обозначен сценарий реализации третьей;
- разработан и настроен RAG-пайплайн и инференс больших языковых моделей;

- разработана клиентская часть с возможностью выгрузки переписки: асинхронный бот в мессенджере Телеграмм;
- поданы заявки на получение грантовой поддержки и финансирования решения по конкурсам «Студенческий стартап» и «Росмолодежь.Гранты» на общую сумму более 1,9 млн рублей, проект вошёл в ТОП-50 лучших стартап-проектов Всероссийского конкурса выпускных квалификационных работ в формате «Стартап как диплом».



Рис. 3. Пример оформления итогового отчёта

К возможным способам технической доработки решения относятся использование ансамблей открытых моделей, fine-tuning на подобранных корпусах текста, изменение количества извлекаемых эмбедингов и принцип их извлечения в модуле RAG, способов создания эмбедингов фрагментов текста через реализацию reference-free бенчмарка оценки эффективности пайплайна моделей.

Следующим шагом на основе разработанного программного продукта будет протестировано использование типологий личностей Майер-Бриггс (MBTI) для более точного анализа и определения психологической совместимости пользователей [5].

Список использованных источников

1. ВЦИОМ. "От брака до развода". [Электронный ресурс]. – Режим доступ: <https://wciom.ru/analytical-reviews/analiticheskii-obzor/ot-braka-do-razvoda-1990-2021> (дата обращения: 01.06.2024).
2. Liu N.F., Lin K., Hewitt J., Paranjape A., Bevilacqua M., Petroni F., Liang P. Lost in the Middle: How Language Models Use Long Contexts. arXiv preprint, 2023. arXiv:2307.03172v3.
3. Chen J., Lin H., Han X., Sun L. Benchmarking Large Language Models in Retrieval-Augmented Generation. arXiv preprint, 2023. arXiv:2309.01431.
4. GitHub. "Faiss.". [Электронный ресурс]. – Режим доступ: <https://github.com/facebookresearch/faiss> (дата обращения: 01.06.2024).
5. Merner M.H. (1981). Partner similarity on the Myers-Briggs Type Indicator among functional and dysfunctional married couples. Mississippi State University.

Выпускник

Быркв Аким Дмитриевич
центр прикладной оптики
e-mail: 312277@niuitmo.ru

Научный руководитель

Коняхин Игорь Алексеевич
профессор, д.т.н., профессор института "Высшая инженерно-техническая школа"
e-mail: iakoniakhin@itmo.ru

УДК 535.015

**РАЗРАБОТКА АНАМОРФОТНОЙ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОЙ
СИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ УГЛА СКРУЧИВАНИЯ**

Ключевые слова

Анаморфоза, система измерения угла, угол скручивания, оптико-электронная система, радиотелескоп.

Цели и задачи

Определение угловой ориентации – важная задача для точного позиционирования объекта [1]. В некоторых случаях, например, для позиционирования радиотелескопа, требуется определение угла скручивания в условиях ограничения пучка. В связи с чем встаёт задача разработки системы измерения угла скручивания на явлении анаморфозы.

Основная часть (методология, результаты)

Поворот предмета перпендикулярно оптической оси не создает разницу в оптическом ходе, что делает измерение угла скручивания затруднительным. Но явление анаморфозы подразумевает различный масштаб по двум перпендикулярным направлениям [2], таким образом поворот анаморфотной системы влияет на получившееся изображение.

Исходя из этого, структурная схема углоизмерительного прибора представлена на рисунке.

Предполагается, что система измерения угла будет работать следующим образом: Источник излучения (ИИ) освещает автоколлимационную марку (МА). Затем световой пучок проходит через светоделительную призму и попадает в объектив (Об). После прохождения через него пучок проходит через анаморфотную систему (АС) и отражается обратно отражателем (От). На обратном пути пучок сразу же попадает в объектив (Об), минуя анаморфотную систему (АС), и вновь проходит через светоделительную призму (СДП). Отразившийся внутри неё, наконец, световой пучок оказывается на матричном приёмнике оптического излучения (МПОИ).

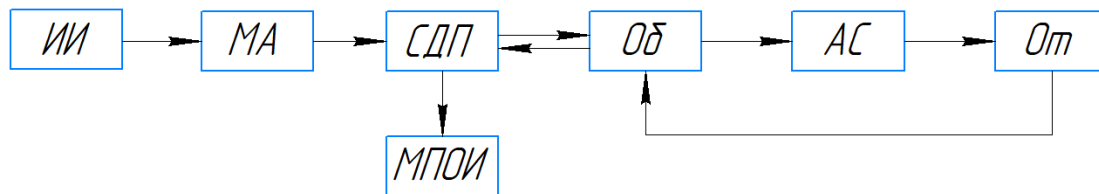


Рисунок. Структурная схема системы

Анаморфотная система и отражатель представляют из себя контрольный элемент, закреплённой на поверхности, угол скручивания которой мы хотим измерить. Остальные элементы закреплены на жёсткой базе [3].

Одним из факторов, влияющих на чувствительность системы, является форма марки и способ извлечения угла из изображения. В качестве последнего предлагается использовать отношение высоты изображения марки к её ширине – такую характеристику легко измерить, и она не зависит от абсолютного размера сторон, только от относительного.

Затем были проанализированы формы трёх видов марок: ромбовидная, треугольная и треугольная марка, повернутая на 90 градусов. Мерой чувствительности является максимум производной их характеристики. Результаты сравнения приведены в таблице.

Таблица. Сравнение чувствительности различных видов марок

Вид марки	Максимум производной при коэффициенте анаморфозы 1.5
Ромбовидная	0.867
Треугольная	0.739
Треугольная повёрнутая	1.013

По итогам сравнения видно, что треугольная марка, повернутая на 90°, обеспечивает наибольшую чувствительность итоговой системы.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В ходе работы была предложена структурная схема системы измерения угла скручивания на основе явления анаморфозы, а также была проанализирована форма марки и выбрана оптимальная.

В дальнейшей работе планируется исследовать другие характеристики изображения, с помощью которых можно извлечь угол из изображения марки.

Список использованных источников

1. Син С. Исследование и разработка трехкоординатных оптико-электронных автоколлиматоров: дис. – Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, 2007.
2. Иофис Е.А. Фотокинетика. - Советская энциклопедия, 1981. – 447 с.
3. Konyakhin I. et al. Optoelectronic system on the base of the anamorphic element for the measuring of the elevation angles // Sixth International Symposium on Precision Engineering Measurements and Instrumentation. – SPIE, 2010. – Т. 7544. – Pp. 924–929.

Выпускник

Гиндуллина Динара Рафисовна

факультет программной инженерии и компьютерной

e-mail: gindullina_2002@mail.ru

Научный руководитель

Штенников Дмитрий Геннадьевич

к.т.н., доцент факультета программной инженерии и компьютерной

e-mail: dshtennikov@itmo.ru

УДК 004

ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ НЕПРЕРЫВНОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ ПО ДАННЫМ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММЫ ВО ВРЕМЯ ПРОКТОРИНГА

Ключевые слова

Идентификация, прокторинг, сиамская нейронная сеть, moodle, электрокардиограмма, подмена пользователя.

Цели и задачи

Специалисты прогнозируют рост рынка систем связанных с прокторингом [1], важнейшей частью прокторинга является контроль отсутствия подмены пользователя, для этого используют как реальных людей-прокторов, так и специальные программные решения, поэтому растет интерес к системам, которые обеспечивают идентификацию пользователей в системе, особенно непрерывную. В данной работе была поставлена цель автоматизации процесса непрерывной идентификации пользователей по данным электрокардиограммы (ЭКГ) во время прокторинга. Для идентификации были выбраны данные ЭКГ, так как они содержат уникальные данные человека [2] и их сложно подделать и передать.

Основная часть (методология, результаты)

По итогу анализа ряда статей [3–5], в которых была поставлена цель разработки нейронной сети для идентификации людей по ЭКГ, выше ассигасу оказалась у сиамской нейронной сети, поэтому она была выбрана и реализована для принятия решения об идентичности ЭКГ.

Для разработки сервера был использован язык Python и фреймворк Django. Desktopное приложение было разработано с помощью языка Python и библиотеки TkinterModernThemes [6]. Разработанная система была интегрирована с moodle, для это был написан блок и модуль proctor_esc на языке PHP. Для хранения данных использована база данных moodle, система управления базами данных (СУБД) mysql.

На рисунке 1 представлена диаграмма развертывания разработанной системы.

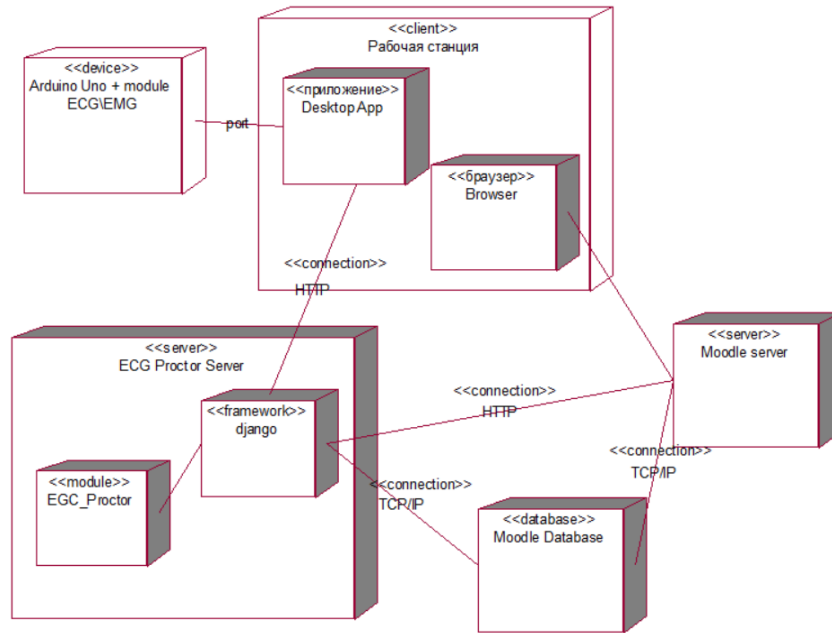


Рис. 1. Диаграмма развертывания

Все сообщения между сервером (ECG Proctor Server) и приложением (Desktop App) передаются с помощью HTTP-соединения, сервер идентифицирует каждое приложение с помощью кода, который получает пользователь через страницу в moodle, после сервер сам присваивает каждой сессии прокторинга свой идентификационный номер (id_transaction). Связь между сервером (ECG Proctor Server) и Moodle server осуществляется через HTTP-соединение. Proctor ECG Server для идентификации пользователя по записи ЭКГ использует сиамскую нейронную сеть со сверточными слоями внутри для извлечения признаков [7]. Все данные, необходимые для организации процесса прокторинга с непрерывной идентификацией по данным ЭКГ, хранятся в базе данных moodle.

Для работы приложения использовались существующие таблицы moodle и таблицы, которые были созданы собственноручно.

На рисунке 2 приведена даталогическая схема таблиц, указанных выше (синие – новые таблицы, оранжевые – таблицы moodle).

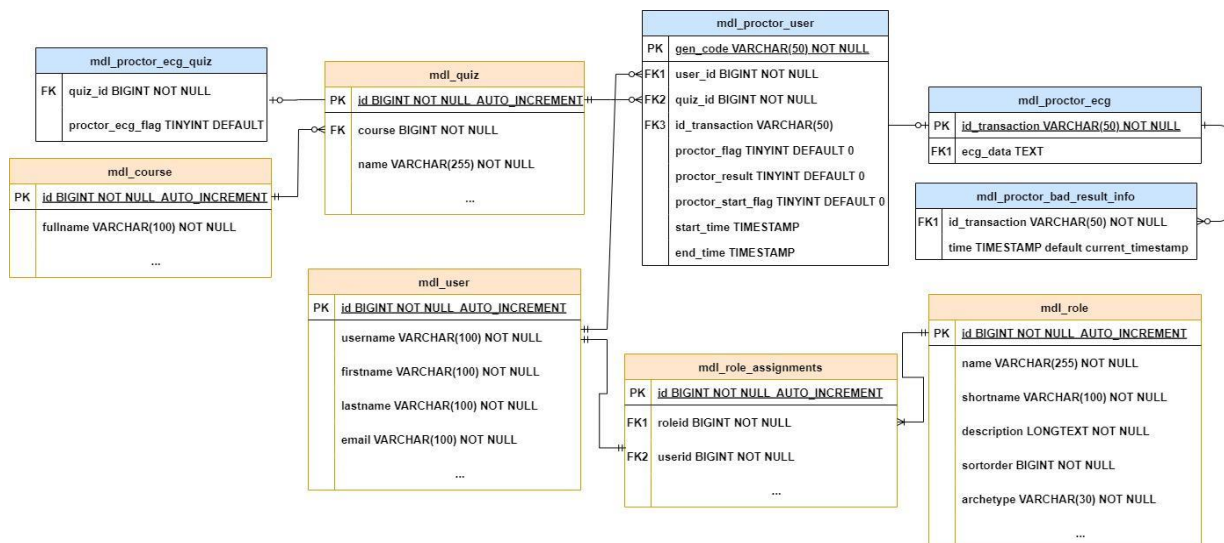


Рис. 2. Даталогическая схема

В базе данных записи ЭКГ хранятся в зашифрованном виде и только во время прохождения прокторинга, как только пользователь завершает тестирование или передача данных прерывается, записи ЭКГ удаляются из таблицы.

Работа данного приложения была протестирована. Во время тестирования был смоделирован процесс прохождения прокторинга, в ходе которого было совершено 24 попыток подмен пользователя (переклейка датчика с одного пользователя на другого, снятие датчика) из них программа определила 22 и произошло 7 ложных срабатываний (программа отсутствие подмены пользователя определило как подмену) из 92 попыток сравнения идентичных ЭКГ. В тестировании принимало участие 10 человек.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В ходе работы были рассмотрены различные архитектуры нейронных сетей для идентификации по ЭКГ, на основании которых была реализована собственная сиамская нейронная сеть. Также было разработано приложение, обеспечивающее непрерывную идентификацию пользователей по данным ЭКГ.

В дальнейшей работе планируется применение различных методов очистки данных ЭКГ, полученных с датчика, извлечения признаков из записей ЭКГ для последующего их применения в методах машинного обучения. Данные решения могут помочь в повышении качества идентификации модели. Также рассматриваются дальнейшее расширение функционала приложения, например принятие решения о нарушении правил прокторинга на основании нескольких попыток идентификаций, т.е. анализ предыдущих попыток идентификаций.

Список использованных источников

1. Online Exam Proctoring Market Forecast to 2028 - COVID-19 Impact and Global Analysis by Type and End User. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.researchandmarkets.com/reports/5237901/online-exam-proctoring-market-forecast-to-2028> (дата обращения: 17.05.2024).
2. Коваль В.Т., Конорева Н.А., Козюхина М.А., Коваль Е.В., Лазаренко С.Г., Коваль Н.В. Биометрическая идентификация по электрокардиограммам // Морская медицина. – 2017. – №. 4. – С. 16–23.
3. Ibtehaz N., Chowdhury M.E.H., Khandakar A., Kiranyaz S., Rahman M.S., Tahir A., Qiblawey Y., Rahman T. EDITH: ECG Biometrics Aided by Deep Learning for Reliable Individual Authentication // IEEE Transactions on Emerging Topics in Computational Intelligence. – 2022. – №. 4. DOI: 10.48550/arXiv.2102.08026.
4. Behrouzi P., Shirvani B., Hazratifard M. Using ECG Signals in Siamese Networks for Authentication in Digital Healthcare Systems // Journal of Biomedical Research & Environmental Sciences. – 2022. DOI: 10.37871/jbres1605.
5. Tirado-Martin P, Sanchez-Reillo R. BioECG: Improving ECG biometrics with deep learning and enhanced datasets // Appl. Sci. 2021;11:5880. DOI:10.3390/app11135880.
6. TKinterModernThemes. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://github.com/RobertJN64/TKinterModernThemes> (дата обращения: 20.05.2024).
7. Гиндуллина Д.Р. Нейросетевая модель для идентификации людей по данным электрокардиограммы // сборник статей X Международного научно-Исследовательского конкурса "ЛУЧШИЕ СТУДЕНЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ". – 2024. – С. 40–45.

Выпускник

Гришина Алена Игоревна
институт лазерных технологий
e-mail: alena.i.grishina@yandex.ru

Научный руководитель

Романова Галина Викторовна
к.т.н., директор, старший научный сотрудник, доцент института лазерных технологий
e-mail: gvromanova@itmo.ru

УДК 544.032.65

**ТЕРМОХИМИЧЕСКИЙ МЕТОД СОЗДАНИЯ СТРУКТУР
ДЛЯ АВТОНОМНОГО НАПРАВЛЕННОГО ТЕЧЕНИЯ ЖИДКОСТИ
НА ПОВЕРХНОСТИ НЕРЖАВЕЮЩЕЙ СТАЛИ**

Работа выполнена при поддержке программы «Приоритет 2030».

Ключевые слова

Автономное направленное течение жидкости, гидрофобная зонная структура, смачиваемость, лазерное структурирование, градиент смачивания, поверхностная адгезия.

Цели и задачи

Автономное направленное течение необходимо для создания пассивного отвода или подвода жидкости, например, в системах управления температурным режимом [1], на самоочищающихся поверхностях и поверхностях с защитой от обледенения [2] и т.п. Один из способов достичь такого эффекта автономного течения – это создание на поверхности зонной структуры. Существуют следующие методы создания таких структур – это химический, механический и термический. Примером термического может быть травление наностолбиков кремния с помощью фотолитографии [3]. Примером механического – предварительная полировка и микрофрезерование [4]. Одним из характерных примеров термического является лазерное структурирование [1].

Лазерный метод является наиболее конкурентноспособным, так как требует меньшее количество этапов в отличие от химического и позволяет модифицировать как рельеф, так и состав поверхности в отличие от механического. Также лазерный метод показывает высокую эффективность и возможность локального управления. Ранее нашей научной группой с помощью лазерного метода была создана гидрофильная зонная структура [5], однако она обладала высокой поверхностной адгезией, вследствие чего была нестабильна на воздухе и использовать её можно было только один раз.

Таким образом, целью данной работы было создание эффективного метода создания структур, обеспечивающих многократное автономное направленное движение капель по поверхности нержавеющей стали.

Основная часть (методология, результаты)

С использованием лазерной обработки и гидрофобизирующего покрытия предполагается возможность создать износостойкие стабильные поверхности с высоким смачиванием. С помощью импульсного наносекундного иттербиевого волоконного лазера «МиниМаркер-2» мощностью 50 Вт с длиной волны 1064 нм и гидрофобизирующей жидкости Soft99 Glaco Zero Mirror Coat, поверхность нержавеющей стали марки AISI 304 была обработана режимами с перекрытиями от 0% до 90% и плотностями мощности от 28,3 МВт/см² до 282,9 МВт/см², обеспечивающие углы смачивания от 140° до 180°. Из них были выбраны 6 областей и создана гидрофобная зонная структура с длиной 12 мм, что представлено на рисунке 1.

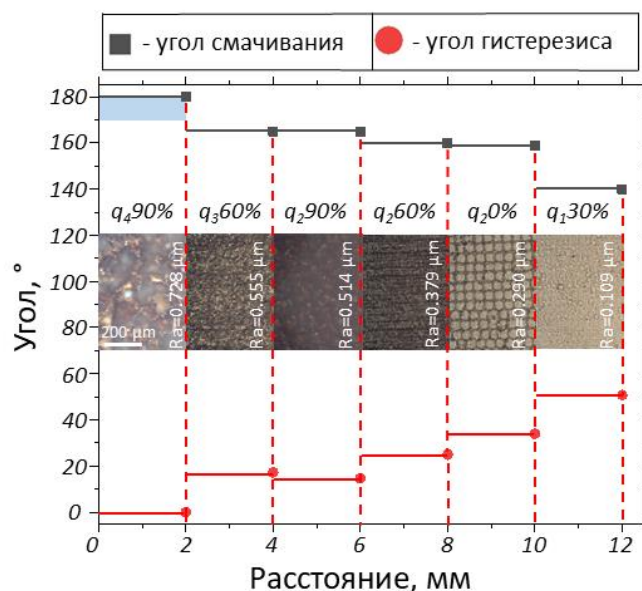


Рис. 1. Зависимость угла смачивания и угла гистерезиса от расстояния для областей зонной структуры

Тестирование автономности проводилось каплями дистиллированной воды объемом 10 мкл. Была обнаружена возможность повторного использования более 30 раз и средняя скорость протекания капли составила 33 мм/с (рис. 2).

Также были созданы структуры со сложной геометрией, а именно поворот и двойная встречная структура для смешивания капель жидкости, которые представлены на рисунке 3. На образце с поворотной структурой (рис. 3, Б) можно видеть, что капля автономно меняет направление, проходя расположенный под углом стык двух областей с различным смачиванием.

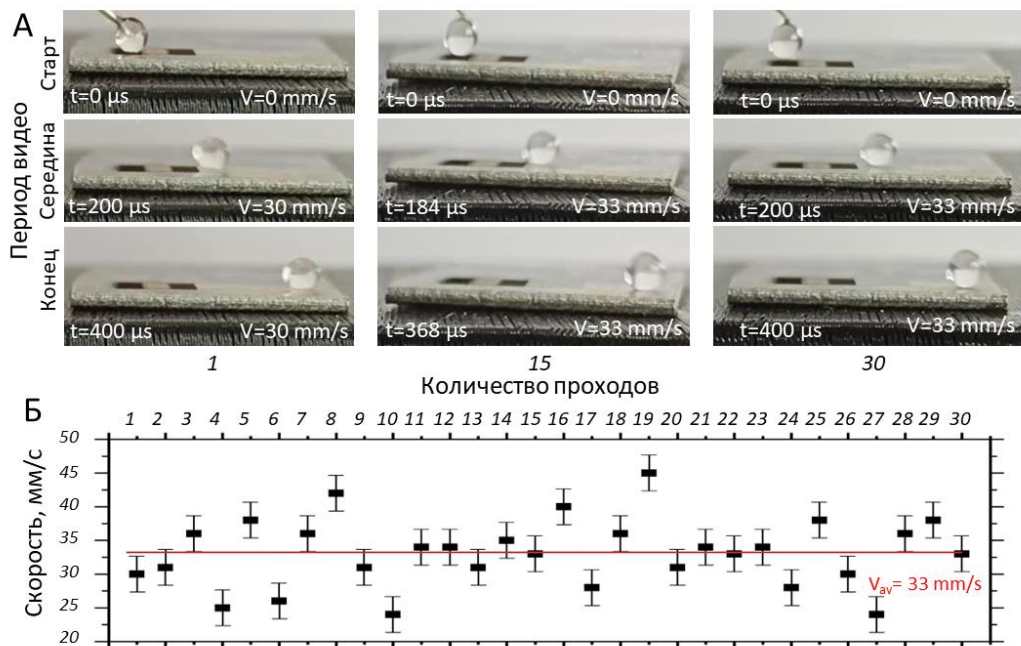


Рис. 2. (А) Динамика движения капли на образце с гидрофобной зонной структурой; (Б) Зависимость скорости движения капли от номера прохода, объем капли 10 мкл

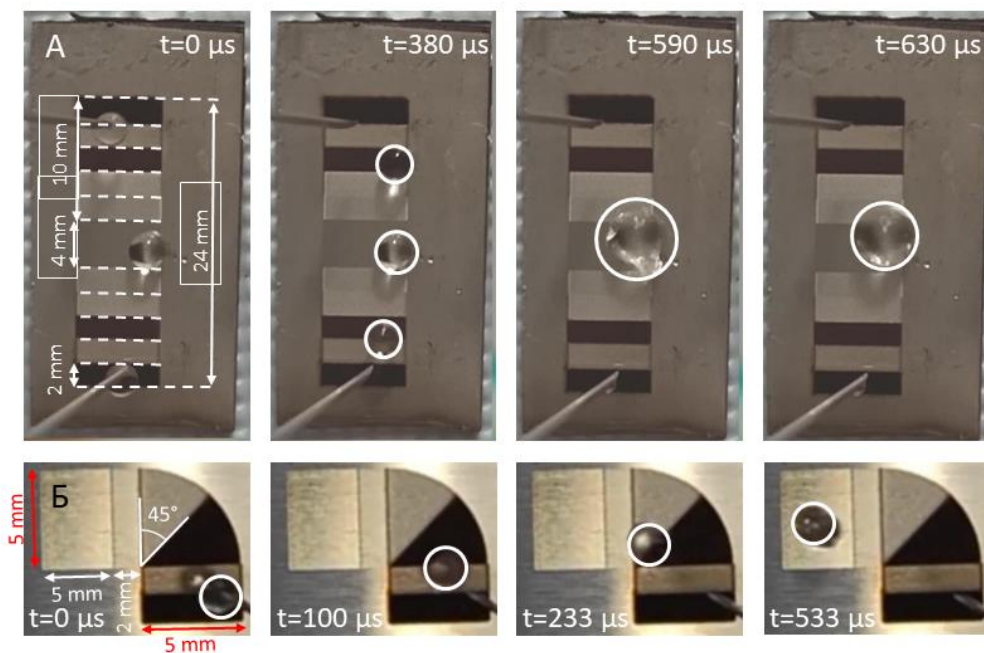


Рис. 3. (А) Динамика смешивания капель на образце с двойной зонной структурой, объем капли 50 мкл; (Б) Динамика движения капли на образце с поворотной зонной структурой, объем капли 10 мкл

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

Таким образом, был разработан эффективный метод создания гидрофобных зонных структур с длиной траектории 12 мм. Были исследованы свойства полученных структур, такие как возможность многократного использования более 30 раз и средняя скорость протекания капли 33 мм/с, что выше, чем в нашей предыдущей работе [5] и на структурах, созданных

другими методами [4]. Также были созданы структуры со сложной траекторией, такие как поворотная структура и двойная встречная структура. С помощью повторной зонной структуры длина траектории была увеличена до 22 мм. Зонная структура обеспечивает течение под обратным гравитационным уклоном в $1,5^\circ$ и также сохраняет свои свойства после и после 6 месяцев хранения. Представленный метод может быть использован для создания каналов для отвода жидкости из труднодоступных мест или для создания устройств микрореакторов на чипе для смешивания жидкостей небольшого объема. Разработанный метод в исследовании обладает признаками патентоспособности и готов к переходу на стадию НИОКТР при наличии соответствующего заказчика. Результаты данного исследования были представлены на различных международных и всероссийских с международным участием конференциях. Отдельно стоит отметить, что результаты работы опубликованы в журнале, входящем в первый квартиль, «Langmuir» (импакт фактор 3,9).

Список использованных источников

1. Lowrey S. et al. Survey of micro/nanofabricated chemical, topographical, and compound passive wetting gradient surfaces // *Langmuir*. – 2021. – Т. 38. – №. 2. – Pp. 605–619.
2. Kumar M., Bhardwaj R., Sahu K.C. Wetting dynamics of a water droplet on micropillar surfaces with radially varying pitches // *Langmuir*. – 2020. – Т. 36. – №. 19. – Pp. 5312–5323.
3. Funayama K., Miura A., Tanaka H. Flexibly designable wettability gradient for passive control of fluid motion via physical surface modification // *Scientific Reports*. – 2023. – Т. 13. – №. 1. – Pp. 6440.
4. Misiuk K. et al. Development of a coating-less aluminum superhydrophobic gradient for spontaneous water droplet motion using one-step laser-ablation // *Langmuir*. – 2022. – Т. 38. – №. 6. – Pp. 1954–1965.
5. Shchedrina N.N. et al. Elementary autonomous surface microfluidic devices based on laser-fabricated wetting gradient microtextures that drive directional water flows // *Optics Express*. – 2021. – Т. 29. – №. 8. – Pp. 12616–12624.

Выпускник

Захаренкова Анастасия Анатольевна

факультет технологического менеджмента и инноваций

e-mail: nastyazash@mail.ru

Научный руководитель

Клочкова Александра Валерьевна

к.э.н., доцент факультета технологического менеджмента и инноваций

e-mail: avklochkova@itmo.ru

УДК 331.53

**БИЗНЕС-ТЕЗИС "UNILINK": РАЗРАБОТКА СТРАТЕГИИ ВЫВОДА
НА РЫНОК ПЛАТФОРМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕМ
ВУЗОВ И ОРГАНИЗАЦИЙ В ПРОЦЕССЕ ПОДГОТОВКИ КАДРОВ**

Ключевые слова

Кейс-стади, инновационная платформа, образовательная платформа, образование, подготовка кадров, взаимодействие вузов и организаций, практическое обучение.

Цели и задачи

Цель: построение эффективной стратегии вывода на рынок платформы “UniLink” по управлению взаимодействием вузов и организаций в процессе подготовки кадров и разработка плана ее финансирования.

Задачи:

1. Описать теоретические основы существующих маркетинговых стратегий вывода на рынок продуктов, в том числе инновационных.
2. Проанализировать рынок инновационных решений в сфере образования.
3. Проанализировать возможных потребителей инновационного решения в сфере образования.
4. Проанализировать каналы продвижения и продажи продуктов платформы.
5. Разработать маркетинговую стратегию компании по продвижению платформы на основании полученных данных.
6. Описать источники финансирования стартапа.
7. Разработать финансовую модель и маркетинговый бюджет платформы.

Основная часть (методология, результаты)

В современном мире наблюдается все более тесная связь между образованием и рынком труда. На рынке труда растет спрос на специалистов с навыками, полученными в процессе реальной работы. Существующие на данный момент методы взаимодействия университетов и работодателей становятся неэффективными. Также наблюдается недостаток доступных

платформ, предназначенных для взаимодействия студентов, университетов и компаний на российском рынке труда. К наиболее актуальным проблемам на сегодняшний день относятся: несоответствие навыков, получаемых студентами, требованиям работодателей; недостаточная связь между университетами и реальным сектором экономики; ограниченные возможности для студентов в поиске практического опыта и работы. Следовательно, становится очевидной необходимость создания новых инструментов, которые могут повысить эффективность взаимодействия потенциальных работодателей (компаний), структур, ответственных за подготовку кадров (университетов) и потенциальных работников (студентов). В настоящее время на территории России активно внедряется ФГОС нового поколения, формируются школы при компаниях и создаются программы стажировок. Более того, проводятся различные кейс-чемпионаты, хакатоны и акселераторы. Был разработан агрегатор HeadHunter для поиска работы и квалифицированных кадров. Ни в одном из решений выделенных проблем не применяется современный метод «кейс-стади» в рамках учебных программ в высших образовательных учреждениях. Обратимся к определению метода «кейс-стади» в образовании. «Кейсы» могут использоваться в образовательных учреждениях в качестве учебного инструмента. Многие студенты лучше учатся на примерах из реальной жизни, и анализ конкретных ситуаций может стать эффективным способом освоения материала. Кейсы используются в качестве метода исследования во многих областях. Они особенно популярны в юриспруденции, бизнесе и обучении сотрудников. Кейсы могут быть разными: некоторые из них представляют собой простые вопросы типа «что бы вы сделали?», а некоторые - очень подробные, требующие анализа данных. Иногда такие проекты выполняются группой студентов. Ситуация представляется достаточно подробно, часто с подтверждающими данными, участникам обсуждения, которых просят выработать рекомендации по решению заявленной проблемы. Бизнес-кейс-стади как метод обучения стал популярен в 1920-х годах благодаря преподавателям Гарвардской школы бизнеса, которые адаптировали подход, применявшийся в Гарвардской школе юриспруденции, где реальные ситуации из права использовались для обсуждения в классе. Другие бизнес- и юридические школы начали составлять сборники кейсов в качестве учебных пособий для студентов. При изучении кейсов в бизнес-школах студентам не предоставляется полный перечень фактов, относящихся к теме, поэтому они вынуждены обсуждать и сравнивать свою точку зрения с точкой зрения своих коллег, чтобы предложить решение. Для применения данного метода в рамках ВКР была разработана идея создания инновационной платформы «UniLink». Опираясь на мировые тренды в области взаимодействия вузов и организаций, был выделен сегмент малого и среднего бизнеса в России как наиболее перспективный для коммерциализации платформы. Для качественного анализа потенциала коммерциализации решения автор проводит исследование потенциального спроса на инновационное решение «UniLink» в сфере образования и трудоустройства. Целью данного исследования выступает оценка заинтересованности и готовности потенциальных пользователей применять данное инновационное решение в жизни, в том числе определение основных факторов, которые влияют на принятие данного решения [1]. Данное исследование поможет лучше оценить потенциальный спрос будущих потребителей. Для исследования потенциального спроса необходимо изучить емкость рынка, для этого будет использован метод PAM- TAM-SAM-SOM. PAM – это потенциально доступный рынок, весь объем рынка. Количество данных организаций составило к концу 2023 года в России 6,3 миллиона из Единого реестра МСП. Каждый год это число увеличивается приблизительно на 6%, следовательно для 2025 года мы можем посчитать этот показатель [2]. 7 078 680 – это количество субъектов малого и среднего бизнеса в России к 2025 году, учитывая тенденции его роста за 2023–2024 года. TAM – это общий объем рынка, в который входят все потенциальные клиенты. Количество данных организаций составило к концу 2023 года в России 6,3 миллиона из Единого реестра МСП [3]. SAM – это доступный объем рынка, а точнее доля от TAM. Это компании в России, имеющие потребность в поиске квалифицированных и проактивных кадров. Это составляет 35% от TAM, так как это процент рабочих мест, для трудоустройства на которые требуется наличие

высшего образования [4]. Показатель SAM составит 2 205 000 компаний. SOM – это достижимый объём рынка, а именно доля от SAM. SOM составляет приблизительно 0,044% от показателя SAM и насчитывает 970 компании, что является достижимой долей рынка. Данный процент компаний взаимодействует с вузами на сегодняшний день [5].

Исследование рассматривает использование кейс-метода в образовательных учреждениях, анализирует его эффективность и предлагает усовершенствованные подходы к применению этого метода. В настоящее время кейс-метод широко применяется в юриспруденции, бизнесе и обучении сотрудников, однако существуют недостатки в его адаптации к образовательным процессам, такие как недостаточная реалистичность кейсов и отсутствие интерактивности. Преимущество предлагаемого подхода заключается в интеграции актуальных данных и интерактивных элементов, что позволяет повысить вовлеченность студентов и улучшить качество обучения.

Методологическая база исследования включает следующие общенаучные методы:

- анализ;
- сравнение;
- обобщение;
- моделирование;
- классификация;
- описание.

Для исследования эффективности кейс-метода использовались качественные исследования, такие как глубинные интервью со студентами, работодателями и преподавателями. Был применен метод оценки "многоугольник конкурентоспособности" и матрица ADL. Использованы как отечественные, так и зарубежные источники литературы в области образования и трудоустройства, а также статистические данные из официальных ресурсов.

В результате выполнения ВКР были получены следующие результаты:

1. Проанализированы различные трактовки определения маркетинговой стратегии и виды маркетинговых стратегий.
2. Рассмотрены основные этапы разработки стратегии вывода на рынок инновационной платформы.
3. Проанализирован рынок решений в сфере управления взаимодействием вузов и организаций в процессе подготовки кадров.
4. Дана характеристика концепта платформы "UniLink".
5. Определены внутренняя и внешняя среды платформы.
6. Разработаны стратегия вывода на рынок, позиционирование, коммуникационная стратегия и финансовая модель платформы.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

Исследование показало, что использование кейс-метода в образовании способствует развитию критического мышления, улучшению практических навыков и повышению мотивации студентов. Глубинные интервью выявили высокую удовлетворенность студентов и работодателей от использования этого метода.

Дальнейшие исследования могут быть направлены на разработку и внедрение новых интерактивных инструментов, таких как симуляции и виртуальная реальность, для еще большего погружения студентов в учебный процесс. Также перспективно изучение влияния кейс-метода на долгосрочные карьерные успехи выпускников и адаптация методики для различных образовательных дисциплин.

В результате исследования были подтверждены высокие образовательные преимущества кейс-метода. Основные результаты включают повышение вовлеченности студентов и улучшение их практических навыков. В дальнейшем целесообразно изучать долгосрочные эффекты применения кейс-метода в образовании.

Список использованных источников

1. Система оценки достижения планируемых результатов освоения основной образовательной программы начального общего образования. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://clck.ru/3Ao1w9>(дата обращения: 08.05.2024).
2. Количество зарегистрированных юридических лиц и индивидуальных предпринимателей ФНС России. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://service.nalog.ru/gosreg/statistics.html> (дата обращения: 08.05.2024).
3. Татьяна Илюшникова: количество субъектов МСП в РФ выросло в 2023 году на 6% и достигло 6,3 млн Министерство экономического развития Российской Федерации. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://clck.ru/3Ah7QK> – (дата обращения: 08.05.2024).
4. Какое количество рабочих мест в России требует высшего образования. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ganepa.ru> (дата обращения: 08.05.2024).
5. Более 3000 предприятий сотрудничают с вузами по стратегическим проектам. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://clck.ru/3Ah7Rb> (дата обращения: 08.05.2024).

Выпускник

Лучкин Георгий Александрович
центр химической инженерии
e-mail: Luchkingosha@mail.ru

Научный руководитель

Успенская Майя Валерьевна

профессор, д.т.н., научно-исследовательский центр биоинженерии ведущий научный сотрудник
e-mail: mv_uspenskaya@itmo.ru

УДК 678

**РАЗРАБОТКА БИОСОВМЕСТИМЫХ НАНОВОЛОКОННЫХ МАТРИЦ
НА ОСНОВЕ ПОЛИГИДРОКСИЭФИРОВ ДЛЯ ЗАДАЧ ТКАНЕВОЙ
ИНЖЕНЕРИИ**

Работа выполнена в рамках темы НИР №1619272 «Разработка биосовместимых нановолоконных матриц на основе полигидроксиэфиров для задач тканевой инженерии».

Ключевые слова

Нановолокна, модификация поверхности, электроформование, клетки, тканевая инженерия.

Цели и задачи

Целью данной работы является разработка способов модификации L-лизином матриц на основе полигидроксиэфиров, полученных методом электроформования, а также исследование их структуры и свойств. Для достижения поставленной цели необходимо было выполнить ряд задач. Задачи: получение матриц методом электроформования, разработка методов модификации поверхности, изучение влияния модификации на различные свойства матриц, изучение влияния модификации на морфологию мезенхимных стромальных клеток человека.

Основная часть (методология, результаты)

Пористые материалы на основе волокон, полученные методом электроформования, являются перспективными матрицами (скаффолдами) для тканевой инженерии [1, 2]. Тканеинженерные конструкции такого типа на основе биорезорбируемых полимеров должны обладать следующими свойствами: биосовместимостью, отсутствием токсического эффекта, хорошими деформационно-механическими свойствами, контролируемой скоростью резорбции, большой площадью поверхности и возможностью адаптации под конкретные

потребности [1, 2, 3]. Материалы, обладающими этими характеристиками, являются перспективными для создания имплантатов и тканеинженерных конструкций.

В работе были получены матрицы методом электроформования для следующих полимеров PL18, PC12, PLG8218 (Corbion Purac, Нидерланды). Ниже представлены условия электроформования:

- PL 18: 25–28 кВ; 0,6 мл/ч;
- PC 12: 26–27,5 кВ; 0,7мл/ч;
- PLG 8218: 20–24 кВ; 0,6 мл/ч.

Далее была разработана методика модификации поверхности матриц L-лизинном для увеличения биосовместимости. Модификация проводилась в 4 различных условиях.

Условия:

I. Раствор лизина (0,25 М) в дистиллированной воде, температура – 25°C, время – 24 ч.

II. Раствор лизина (0,25 М) в дистиллированной воде, температура – 40°C, время – 1 ч.

III. Раствор лизина (0,25 М) в смеси вода-изопропиловый спирт в соотношении 3:1, температура – 25°C, время – 24 ч.

IV. Раствор лизина (0,25 М) в смеси вода-изопропиловый спирт в соотношении 3:1, температура – 40°C, время – 1 ч.

Далее, с помощью спектрофотометрического анализа было определено количество лизина в каждом растворе (рисунок).

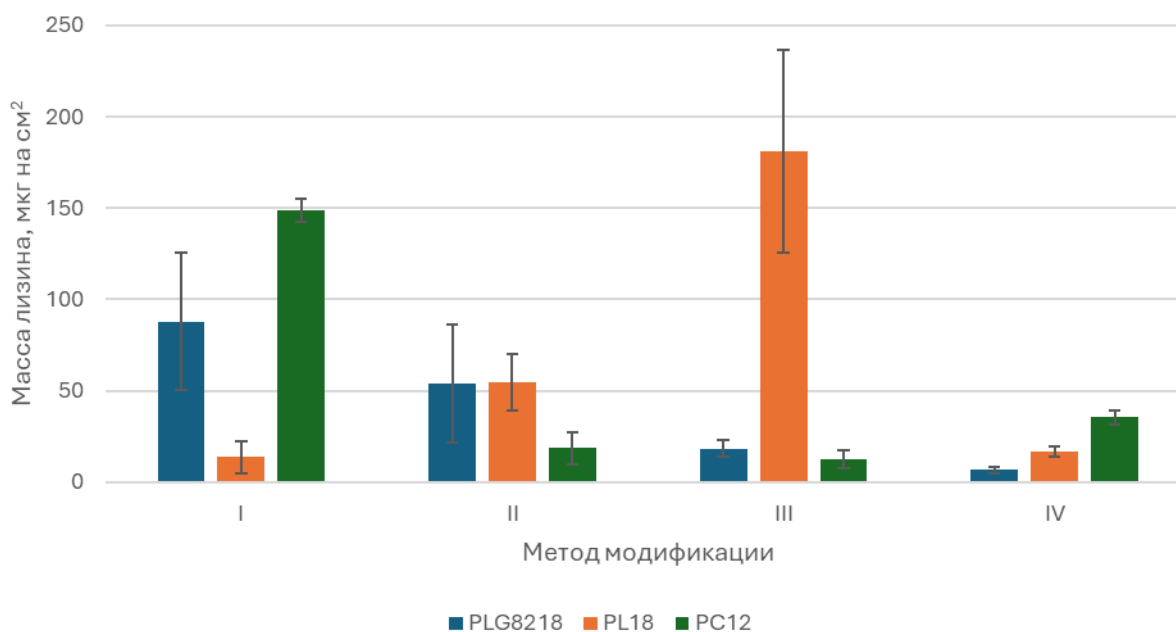


Рисунок. Количество лизина (в мкг) на 1 см² площади пленки

Были проведены ТГА и ДСК, которые не показали изменения термических свойств матриц. При анализе с помощью СЭМ, было выявлено, что модификация изменяет морфологию волокон полилактида и полилактидгликолида (волокна покрываются порами), однако для поликапролактона изменений не наблюдается.

Физико-механические свойства матриц при анализе деформации на разрыв также остаются неизменными для поликапролактона, однако для полилактида и полилактидгликолида наблюдается деформация, в связи с которой снять деформационно-прочностные характеристики не представляется возможным.

Для оценки взаимодействия клеток с волокнами также использовали метод СЭМ. Морфология клеток не изменилась для полилактида и полилактидгликолида, однако для поликапролактона наблюдается слабое улучшение. После модификации клетки стали «охотнее» тянуться к волокнам матрицы.

Таблица. **Механические свойства поликапролактона**

	Длина, мм	Толщина, мкм	Ширина, мм	Модуль Юнга, МПа	Прочность, МПа	Деформация при разрыве, %
Полимер	30	181±8	2	12,58±1,99	0,87±0,19	89,77±24,87
I	30	363±8	2	14,17±1,60	0,98±0,06	101,00±28,03
II	30	337±25	2	12,16±1,16	1,03±0,08	100,33±39,26
III	30	365±9	2	12,08±1,27	0,82±0,07	67,54±9,06
IV	30	368±8	2	11,59±1,50	1,00±0,09	119,08±40,72

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В работе были получены матрицы следующих полимеров: полилактид, поликапролактон, полилактидгликоид. Была модифицирована поверхность данных матриц по разработанным методикам, а также для каждого полимера был выбран наиболее удачный метод модификации.

Также было показано, что механические свойства матриц не изменяются в процессе модификации для поликапролактона, в то время как для других матриц требуются дальнейшие исследования для точной интерпретации.

В результате модификации степень взаимодействия клеток с волокнами (по данным СЭМ) не изменяется для полилактида и полилактидгликоида, однако на поликапролактоне происходит улучшение степени взаимодействия единичных клеток с модифицированными волокнами.

На основании этих данных можно сказать, что оптимальная матрица из исследованных на основе полигидроксиэфиров – поликапролактон модифицированный I методом.

Список использованных источников

1. Ashammakhi N. et al Nanofiber-based matrices for tissue engineering // European Journal of Plastic Surgery. – 2012. – Vol. 35. – Pp. 135–149.
2. Patel H. et al. Biodegradable polymer scaffold for tissue engineering // Trends Biomater Artif Organs. – 2011. – Vol. 25. – №. 1. – Pp. 9–20.
3. Cao H. et al. The topographical effect of electrospun nanofibrous scaffolds on the in vivo and in vitro foreign body reaction // Journal of Biomedical Materials Research Part A. – 2010. – Vol. 93. – №. 3. – Pp. 1151–1159.

Выпускник

Лян Тао

институт международного развития и партнерства, интеллектуальные системы
в гуманитарной сфере
e-mail: blueberryjam0819@gmail.com

Научный руководитель

Добренко Наталья Викторовна

к.т.н., доцент инфокоммуникационных технологий
e-mail: dobrenkonv@itmo.ru

УДК 004.5

РАСПОЗНАВАНИЕ ЭМОЦИЙ ПО СИГНАЛАМ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАФИИ

Ключевые слова

Электроэнцефалография, Распознавание эмоций, интерфейс мозг-компьютер, модели машинного обучения, нейронные сети.

Цели и задачи

Цель ВКР: сравнение эффективности различных классификаторов для распознавания эмоций на основе ЭЭГ и разработка приложения для распознавания эмоций, использующего наиболее эффективный классификатор.

Задачи ВКР:

1. Изучение и сравнение нескольких классификаторов для определения их эффективности в распознавании эмоций на основе данных ЭЭГ.
2. Выбор наиболее эффективного классификатора на основе проведенного сравнения.
3. Проектирование и разработка приложения для распознавания эмоций, использующего выбранный классификатор.
4. Тестирование и оптимизация приложения для обеспечения точности и надежности в распознавании эмоций.

Основная часть (методология, результаты)

Для распознавания эмоций на основе сигналов электроэнцефалографии (ЭЭГ) была разработана комплексная методология, включающая предварительную обработку данных, выбор и обучение моделей машинного обучения, а также создание приложения для практического применения разработанных моделей. Предварительная обработка данных включала фильтрацию артефактов и разделение сигналов на частотные диапазоны: дельта

(1–3 Гц), тета (4–7 Гц), альфа (8–13 Гц), бета (14–30 Гц), гамма (31–50 Гц) [1]. Основной используемой характеристикой являлась дифференциальная энтропия (DE) [2]. В качестве методов машинного обучения были выбраны и протестированы несколько классификаторов: метод опорных векторов (SVM), метод k-ближайших соседей (KNN), случайный лес (Random Forest), GaussianNB, дерево решений, AdaBoost и многослойный перцептрон (MLP) [3–6]. После обучения моделей на тренировочные данные и оценки их точности на тестовых данных, было выявлено, что SVM, AdaBoost и MLP показали наивысшую точность.

Финальный результат включает в себя разработку приложения для распознавания эмоций на основе ЭЭГ, использующего выбранные классификаторы. Приложение было реализовано с использованием языка программирования Python и библиотеки Tkinter для создания графического интерфейса. В приложении пользователь может загрузить файл с данными ЭЭГ, выбрать модель классификации и получить предсказания эмоций [7].

Точность классификаторов на тестовых данных представлена в таблице.

Таблица. Точность классификаторов на тестовых данных

Методы	Точность	Полнота	F1-мера
SVM	0.95	0.95	0.95
AdaBoost	0.78	0.78	0.78
MLP	0.86	0.86	0.86

Результаты показали, что метод SVM продемонстрировал наивысшую точность (95%), значительно превосходя другие классификаторы по точности, полноте и F1-мере. Это делает его предпочтительным выбором для распознавания эмоций на основе ЭЭГ.

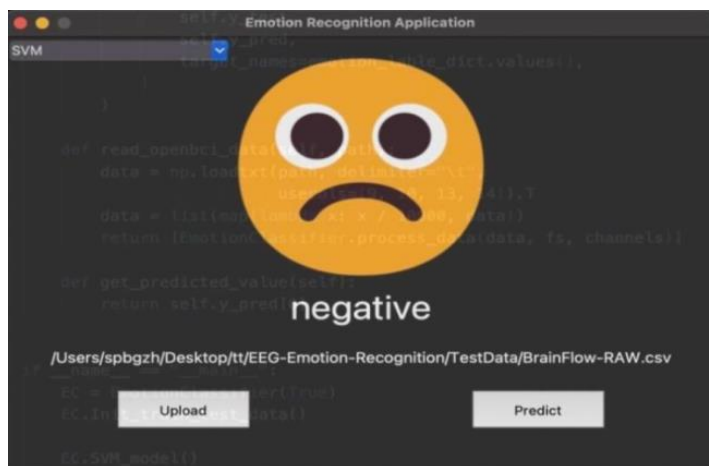


Рисунок. Пример использования приложения для распознавания эмоций

В результате проведенного исследования было разработано приложение (рисунок) для распознавания эмоций, использующее три наиболее эффективных метода классификации (SVM, AdaBoost и MLP). Проведенные эксперименты подтвердили высокую точность и надежность системы распознавания эмоций, что делает её пригодной для использования в различных областях, таких как психология, медицина и искусственный интеллект.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В ходе работы над ВКР мною разработана система распознавания эмоций на основе сигналов электроэнцефалографии (ЭЭГ). Основной целью было сравнение различных алгоритмов машинного обучения и создание эффективного приложения, использующего

наиболее результативные методы. После тщательного анализа и сравнения таких алгоритмов, как SVM, KNN, Random Forest, GaussianNB, дерево решений, AdaBoost и MLP, я выяснил, что метод SVM продемонстрировал наивысшую точность (95%). Я также разработал приложение, использующее SVM, AdaBoost и MLP, которое успешно прошло тестирование на реальных данных.

В дальнейшем я планирую улучшить точность модели за счет оптимизации методов предварительной обработки данных и алгоритмов машинного обучения, расширить функционал приложения с возможностью его интеграции в такие области, как психология, медицина и др. Также я намерен исследовать новые подходы и технологии обработки сигналов, а также провести междисциплинарные исследования. Я уверен, что продолжение работы в этом направлении приведет к значительным научным и практическим достижениям.

Список использованных источников

1. Başar E., Güntekin B. Review of delta, theta, alpha, beta, and gamma response oscillations in neuropsychiatric disorders // *Supplements to Clinical neurophysiology*. – 2013. – Т. 62. – Pp. 303–341.
2. Duan R.N., Zhu J.Y., Lu B.L. Differential entropy feature for EEG-based emotion classification // *2013 6th international IEEE/EMBS conference on neural engineering (NER)*. – IEEE, 2013. – Pp. 81–84.
3. Abdullah D.M., Abdulazeez A.M. Machine learning applications based on SVM classification a review // *Qubahan Academic Journal*. – 2021. – Т. 1. – №. 2. – Pp. 81–90.
4. Guo G. et al. KNN model-based approach in classification // *On the Move to Meaningful Internet Systems 2003: CoopIS, DOA, and ODBASE: OTM Confederated International Conferences, CoopIS, DOA, and ODBASE 2003, Catania, Sicily, Italy, November 3-7, 2003. Proceedings*. – Springer Berlin Heidelberg, 2003. – Pp. 986–996.
5. Ali J. et al. Random forests and decision trees // *International Journal of Computer Science Issues (IJCSI)*. – 2012. – Т. 9. – №. 5. – P. 272.
6. Choudhury A., Mondal A., Sarkar S. Searches for the BSM scenarios at the LHC using decision tree-based machine learning algorithms: A comparative study and review of Random Forest, Adaboost, XGboost and LightGBM frameworks // *arXiv preprint arXiv:2405.06040*. – 2024.
7. Zhong K., Qiao T., Zhang L. A study of emotional communication of emoticon based on Russell's circumplex model of affect // *Design, User Experience, and Usability. Design Philosophy and Theory: 8th International Conference, DUXU 2019, Held as Part of the 21st HCI International Conference, HCII 2019, Orlando, FL, USA, July 26–31, 2019, Proceedings, Part I 21*. – Springer International Publishing, 2019. – Pp. 577–596.

Выпускник

Наумчик Анастасия Сергеевна

научно-образовательный центр фотоники и оптоинформатики

e-mail: naumchik95@gmail.com

Научный руководитель

Киселев Алексей Дониславович

д.ф.-м.н., доцент научно-образовательного центра фотоники и оптоинформатики

e-mail: alexei.d.kiselev@gmail.com

УДК 530.145

**МОДЕЛИРОВАНИЕ СТАТИСТИКИ НЕИДЕАЛЬНЫХ ГАУССОВЫХ
ИЗМЕРЕНИЙ ДЛЯ ТОМОГРАФИИ БОЗОННЫХ КВАНТОВЫХ
КАНАЛОВ**

Ключевые слова

Гауссовы измерения, гауссовы состояния, операторнозначная мера вероятности, гомодинирование, обобщенное гомодинирование.

Цели и задачи

Целью данной работы является полное теоретическое описание неидеальных гауссовых измерений при помощи операторнозначной меры вероятности. Задачами работы являются: описание статистики гомодинирования в гауссовом приближении с учетом неидеальностей; разработка метода построения операторнозначной меры вероятности и ее вычисление для обобщенных гауссовых измерений; численное моделирование статистики обобщенных гауссовых измерений, определение границ применения гауссова приближения; исследование влияния параметров схемы измерений и гауссова канала на статистику измерений выходного состояния.

Основная часть (методология, результаты)

Квантовые измерения в общем случае описываются операторнозначной мерой вероятности [1]. Важным классом квантовых измерений являются гауссовы измерения, которые возникают в контексте гауссовых состояний. Гауссовы измерения широко используются в системах с непрерывными переменными, системах квантовой криптографии, алгоритмах телепортации квантовых состояний и приготовлении неклассических состояний. Частными случаями гауссовых измерений являются гомодинирование и гетеродинирование, с помощью которых может быть реализована реконструкция квантовых состояний [2].

Поскольку в реальных экспериментальных схемах всегда существуют потери, существует необходимость теоретического описания неидеальных измерений.

ОМВ m фотоотчетов \hat{P}_m для неидеального детектора с эффективностью η дается выражением [3],

$$\hat{P}_m =: \frac{(\eta\hat{n})^m e^{-\eta\hat{n}}}{m!}. \quad (1)$$

где $\hat{n} = \hat{a}^\dagger \hat{a}$ – оператор количества фотонов и $:$ обозначает нормальное упорядочивание оператора. Среднее от оператора (1) по когерентному состоянию с амплитудой α представляет собой распределение Пуассона дискретной величины m со средним $\eta|\alpha|^2$, которое может быть аппроксимировано нормальным распределением непрерывной величины m со средним и дисперсией $\eta|\alpha|^2$ при выполнении условия $\eta|\alpha|^2 \gg 1$. Данное приближение далее будет называться гауссовым приближением P_G .

Необходимо найти ОМВ, соответствующую гауссовому приближению \hat{P}_G . P_G является средним по когерентному состоянию от искомой ОМВ, а также может быть записана как свертка гауссовой функции $G(x)$ и (ненормированного) Q -символа некоторого гауссова состояния $|\psi_G(x)\rangle$ следующим образом

$$P_G(x) = \int d^2x' G(x-x') |\langle \psi_G(x') | \alpha \rangle|^2,$$

откуда следует, что искомая ОМВ представляет собой гауссову суперпозицию проекторов на гауссовы состояния, то есть

$$\hat{P}_G(x) = \int d^2x' G(x-x') |\psi_G(x')\rangle \langle \psi_G(x')|.$$

Таким образом, задача заключается в поиске соответствующего Q -символа. Гауссова функции $G(x)$ будет выбрана как нормированное нормальное распределение с нулевым средним, то есть в виде

$$G(x, D) = \sqrt{\frac{D}{2\pi(1-D)}} \exp\left[-\frac{Dx^2}{2(1-D)}\right].$$

Стандартная схема гомодинирования, представленная на рисунке 1, состоит из источника сигнальной моды \hat{a} S, источника референтной моды \hat{a}_L LO, светоделителя BS с коэффициентами пропускания и отражения $t \equiv \cos\theta$ и $r \equiv \sin\theta$, соответственно, и фотодетекторов с квантовыми эффективностями η_1, η_2 . Сигнальная и референтная моды смешиваются на светоделителе. Преобразованные моды излучения детектируются, и полученные фототоки вычитаются.

Для схемы гомодинирования гауссово приближение имеет вид

$$P_G(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi(\eta_1 S^2 + \eta_2 C^2)} |\alpha_L|^2} \exp\left[-\frac{1}{2} \frac{[(\eta_1 + \eta_2)CS]^2}{\eta_1 S^2 + \eta_2 C^2} \left(\frac{\delta m}{(\eta_1 + \eta_2)CS |\alpha_L|} - \frac{\eta_1 S^2 - \eta_2 C^2}{(\eta_1 + \eta_2)CS} |\alpha_L| - \langle \hat{x}_\phi \rangle \right)^2\right],$$

где $\langle \hat{x}_\phi \rangle$ – среднее от оператора обобщенной квадратуры. Соответствующая ОМВ имеет вид

$$P_G = \frac{1}{(\eta_1 + \eta_2)CS |\alpha_L|} \int dx' G\left(x-x', \frac{[(\eta_1 + \eta_2)CS]^2}{\eta_1 S^2 + \eta_2 C^2}\right) |x', \phi\rangle \langle x', \phi|,$$

где $|x, \phi\rangle$ – собственные вектора оператора обобщенной квадратуры.

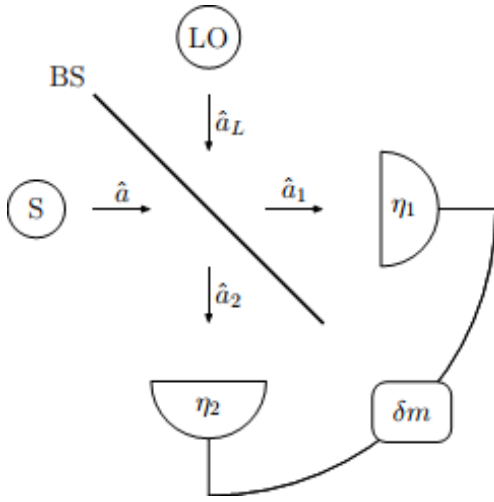


Рис. 1. Схема гомодинирования

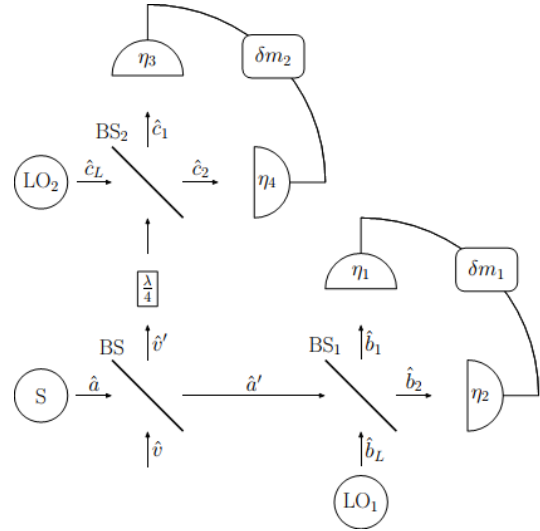


Рис. 2. Схема обобщенного гомодинирования

Схема обобщенного гомодинирования, представленная на рисунке 2, состоит из источника сигнальной моды \hat{a} S, источников референтных мод \hat{b}_L и \hat{c}_L LO₂, LO₂, полуволновой пластинки $\frac{\lambda}{4}$, трех светоделителей BS с соответствующими коэффициентами пропускания и отражения, и четырех фотодетекторов с соответствующими квантовыми эффективностями. Сигнальная мода смешивается с вакуумной модой \hat{v} на светоделителе BS, полученные моды \hat{a}' , \hat{v}' проходят через отдельные схемы гомодинирования, рассмотренные выше.

Гауссово приближение в данном случае имеет вид

$$P_G = \left[2\pi |\alpha_{L_1}| |\alpha_{L_2}| \right]^{-1} \left[(\eta_1 S^2 + \eta_2 C_1^2)(\eta_3 S_2^2 + \eta_4 C_2^2) \right]^{\frac{1}{2}} \times \\ \times \exp \left[-\frac{2(CC_1 S_1 [\eta_1 + \eta_2])^2}{\eta_1 S_1^2 + \eta_2 C_1^2} \left(\frac{\delta m_1}{2|\alpha_{L_1}| CC_1 S_1 [\eta_1 + \eta_2]} + \frac{-\eta_1 S_1^2 + \eta_2 C_1^2}{2CC_1 S_1 [\eta_1 + \eta_2]} |\alpha_{L_1}| + \frac{\text{Re} \alpha \alpha_{L_1}^*}{|\alpha_{L_1}|} \right)^2 \right] \times \\ \times \exp \left[-\frac{2(SS_2 C_2 [\eta_3 + \eta_4])^2}{\eta_3 S_2^2 + \eta_4 C_2^2} \left(\frac{\delta m_2}{2|\alpha_{L_2}| SS_2 C_2 [\eta_3 + \eta_4]} + \frac{-\eta_3 S_2^2 + \eta_4 C_2^2}{2SS_2 C_2 [\eta_3 + \eta_4]} |\alpha_{L_2}| - \frac{\text{Im} \alpha \alpha_{L_2}^*}{|\alpha_{L_2}|} \right)^2 \right].$$

В общем случае ОМВ может быть записана в виде

$$P_G = \frac{\cosh |\zeta|}{2\pi CSC_1 S_1 C_2 S_2 [\eta_1 + \eta_2] [\eta_3 + \eta_4]} \int dx'_1 dx'_2 G(x_1 - x'_1, D_1) G(x_2 - x'_2, D_2) |\beta, \zeta\rangle \langle \beta, \zeta|,$$

где когерентная амплитуда дается выражением

$$\beta = -e^\zeta \left(\frac{\delta m_1}{2|\alpha_{L_1}| CC_1 S_1 [\eta_1 + \eta_2]} + \frac{-\eta_1 S_1^2 + \eta_2 C_1^2}{2CC_1 S_1 [\eta_1 + \eta_2]} |\alpha_{L_1}| \right) \\ + ie^{-\zeta} \left(\frac{\delta m_2}{2|\alpha_{L_2}| SC_2 S_2 [\eta_3 + \eta_4]} + \frac{-\eta_3 S_2^2 + \eta_4 C_2^2}{2SS_2 C_2 [\eta_3 + \eta_4]} |\alpha_{L_2}| \right),$$

а дисперсии гауссовой функции D_1, D_2 являются произвольными положительными параметрами, удовлетворяющие неравенствам

$$\frac{1}{D_1} = \frac{1}{d_1} - \frac{1 + e^{-2\zeta}}{2} > 0, \quad \frac{1}{D_2} = \frac{1}{d_2} - \frac{1 + e^{2\zeta}}{2} > 0.$$

Решением этих неравенств является диапазон допустимых параметров сжатия

$$\zeta \in \left[-\frac{1}{2} \ln \left(\frac{\eta_1 S_1^2 + \eta_2 C_1^2}{(C C_1 S_1 [\eta_1 + \eta_2])^2} - 1 \right), \frac{1}{2} \ln \left(\frac{\eta_3 S_2^2 + \eta_4 C_2^2}{(S S_2 C_2 [\eta_3 + \eta_4])^2} - 1 \right) \right].$$

Можно строго показать, что диапазон решений существует всегда и редуцируется в точку в случае проектора на когерентное состояние, описанного выше.

Временная эволюция матрицы плотности квантового состояния ρ одномодовой бозонной системы в резервуаре ненулевой температуры T описывается уравнением Линдблада [4]. Из уравнения Линдблада можно перейти к уравнению эволюции нормально-упорядоченной характеристической, и решить его в общем виде. Решение имеет вид

$$\chi_N(\alpha; t) = \chi_{\text{ini}} \left(\alpha e^{i(\Omega - \Gamma)t} \right) \exp \left[-n_T |\alpha|^2 (1 - e^{-2\Gamma t}) \right].$$

Точное выражение, дающее разностную статистику фотоотчетов для сигнального состояния $|\psi\rangle$, эволюционирующего в одномодовом температурном гауссовом канале, может быть записано через нормально-упорядоченную характеристическую функцию как

$$\langle \hat{P}_G \rangle_\psi = \int d^2\gamma \chi_N(\gamma; t) Q_G(\gamma),$$

где $Q_G(\gamma) = F^{-1}[P_G(\alpha)]$ и $F[\cdot] = \int d^2\gamma \exp[\alpha\gamma^* - \alpha^*\gamma]$ – комплексное (двумерное) преобразование.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В работе были аналитически получены гауссовы приближения для неидеальных схем гомодинирования, двойного гомодинирования, обобщенного гомодинирования. На основе гауссова приближения был разработан метод построения операторнозначной меры вероятности для гауссовых измерений. Для вычисленной операторнозначной меры вероятности обобщенного гомодинирования была показана неоднозначность выделения шумовой составляющей. Для сигнального состояния, эволюционирующего в одномодовом температурном гауссовом канале, получена общая формула, описывающая временную зависимость вероятности фотоотчетов гауссовых измерений.

Полученные результаты планируется применить в анализе квантового распределения ключа на непрерывных переменных, а также обобщить на многомодовый случай.

Список использованных источников

1. Serafini A. Quantum continuous variables: a primer of theoretical methods. – CRC press, 2024. DOI: 10.1201/9781003250975.
2. Li Y.M. et al. Continuous variable quantum key distribution // Chinese Physics B. – 2017. – Т. 26. – №. 4. – P. 040303.
3. Kelley P.L., Kleiner W.H. Theory of electromagnetic field measurement and photoelectron counting // Physical Review. – 1964. – Т. 136. – №. 2A. – P. A316.
4. Kiselev A.D., Ali R., Rybin A.V. Lindblad dynamics and disentanglement in multi-mode bosonic systems // Entropy. – 2021. – Т. 23. – №. 11. – P. 1409.

Выпускник

Тищенко Валерия Геннадьевна

факультет биотехнологий

email: valeriyati2002@gmail.com

Научный руководитель

Зайцев Валерий Геннадьевич

к.б.н., доцент факультета биотехнологий

email: valeryzaitsev@gmail.com

УДК 57.08

РАЗРАБОТКА МУЛЬТИПЛЕКСНОГО ЭКСПРЕСС-ТЕСТА ДЛЯ СКРИНИНГА РАСТЕНИЙ В КАЧЕСТВЕ ИСТОЧНИКОВ КОМПЛЕКСОВ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Ключевые слова

Бумажное аналитическое устройство, микрофлюидика, экспресс-тесты, биологически активные соединения растений, фенольные соединения.

Цели и задачи

Экспресс-тесты позволяют быстро и с высокой точностью получить информацию об исследуемом веществе. Несмотря на их доступность для систем здравоохранения, стоимость их изготовления всегда является серьезной проблемой для общества, особенно в условиях ограниченных ресурсов. μ PAD является эффективным решением для использования по месту требования благодаря легкости производства и доступности материалов. Одним из актуальных применений бумажных аналитических приборов является первичный скрининг растительного сырья для выявления групп биологически активных соединений. Одним из наиболее актуальных направлений является определение содержания фенольных соединений, обладающих высокой антиоксидантной, противовоспалительной, противораковой, антибактериальной активностью. Эти факторы актуализируют разработку простых и быстрых устройств для их обнаружения для производства в огромных масштабах. Целью данного исследования являлась разработка конструкции мультиплексного экспресс-теста на бумажной основе для скрининга растений на содержание биологически активных соединений. Для достижения установленной цели был проведен сравнительный анализ создания изолированных зон на бумажной основе, выбраны аналиты и методы их качественного и количественного определения для использования в мультиплексном анализе, сконструирован и экспериментально протестирован на экстрактах с известным количественным содержанием биологически активных соединений прототип аналитического устройства на бумажной основе.

Основная часть (методология, результаты)

Методы

Аналитические устройства на бумажной основе изготавливаются в два этапа: создание гидрофобного барьера для формирования функциональных зон и погружение реагентов. Был использован метод, описанный Чайхан П. и др. [1]. В качестве основы использовалась фильтровальная бумага марки ФОБ «Жёлтая лента», для создания рисунка использовались

металлические формы. В рамках научно-исследовательской работы было принято решение сделать устройство специфичным для класса фенольных соединений. Следовательно, выбор методов был основан на их способности количественного и качественного анализа относительно выбранного класса. Выбор аналитов производился по тому же принципу. Для каждого метода была оценена чувствительность относительно выбранных аналитов: определен аналитический диапазон, предел обнаружения (LOD) и предел количественного определения (LOQ). Разработанный прототип был экспериментально протестирован на чистых фенольных соединениях для оценки системы мультиплексного анализа и на водных экстрактах с известной долей фенолов и флавоноидов для проверки общей функциональности устройства.

Результаты

Прототип μ PAD был изготовлен методом погружения в расплавленный парафин с использованием металлической формы [1]. Фильтровальная бумага 4x4 см, фиксировалась между двумя металлическими формами (рис. 1, а) и погружалась в расплавленный парафин при температуре 80°C на 1 секунду. После извлечения конструкции и застывания парафина, металлические формы и излишки парафина были удалены. В результате получили аналитическую платформу с внушительным гидрофильно-гидрофобно контрастом, позволяющим транспортировать жидкость исключительно по заданным каналам (рис. 1, б).

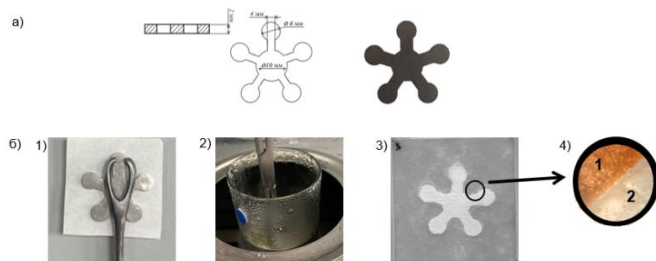


Рис. 1. Изготовление устройства методом погружения в парафин: а) чертеж и готовая модель металлической формы; б) процесс изготовления: 1) установка металлических форм; 2) погружение; 3) готовая аналитическая платформа; 4) гидрофобно-гидрофильный контраст под микроскопом (1 – структура бумаги; 2 – модифицированная парафином структура)

Вторым этапом в изготовлении аналитического устройства является погружение реагентов.

Таблица 1. Характеристики выбранных реагентов

№	Метод	Реактивы	Растворитель	Концентрация	Кол-во
1	Fe^{3+}	$FeCl_3$	Вода	0,5 %	4 мкл
2	Ag^+	$AgNO_3$	Вода	1,5%	4 мкл
3	Al^{3+}	$AlCl_3$	Этанол 70%	5%	4 мкл
4.1	Антиоксидантная активность	$FeCl_3$	Вода	0,5%	2 мкл
4.2		1,10 – феноantroлин	Вода	0,2%	2 мкл
5	FBB	Na_2SO_4	Вода	100 мг/мл	4 мкл
		Fast Blue B	Вода	10 мг/мл	



Рис. 2. Схема нанесения реагентов: а) план нанесения; б) готовая модель

Выбор методов был основан на их способности идентифицировать подклассы фенольных соединений и количественно определять. Выбор аналитов основывался на их отношении к классу фенольных соединений.

Таблица 2. Характеристика выбранных аналитов

Вещество	Подкласс	Растворитель	Концентрация(мг/мл)
Галловая кислота	Фенольные кислоты	Вода	25
Кверцетин	Флавонол	Диметилсульфоксид	30
Рутин	Флавонол	Диметилсульфоксид	100
EGCG	Флаван	Вода	20
Галлотанин	Танин	Вода	100

Определение чувствительности проводилось для каждого метода, с каждым аналитом при разных концентрациях по 5 раз (рис. 3). Важно отметить, что для создания данной аналитической платформы был применен метод резки и формования [2]. Предел обнаружения (LOD) и предел количественного обнаружения (LOQ) устанавливались в соответствии с критериями валидации для методов с визуальным обнаружением, следовательно, метод определения – колориметрический. Важно отметить, что метод с хлоридом алюминия позволяет детектировать фенольные соединения двумя способами: по интенсивности цвета реакции и по интенсивности флюоресценции, предоставляя более полную картину о структуре исследуемых соединений. В таблице 3 приведен аналитический диапазон концентраций эталонных соединений.

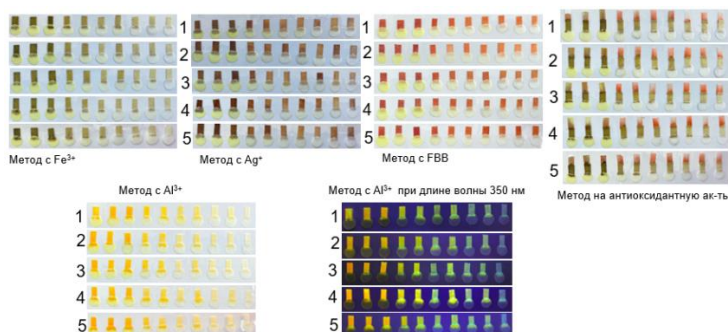


Рис. 3. Процесс установки чувствительности на примере с кверцетином

Таблица 3. Диапазон концентраций фенольных соединений

Вещество	Галловая кислота	Галлотанин	EGCG	Кверцетин	Рутин
Аналитический диапазон (мг/мл)	0.025 – 2.5	0.1 – 10	0.02 – 2	0.03 – 3	0.1 – 10

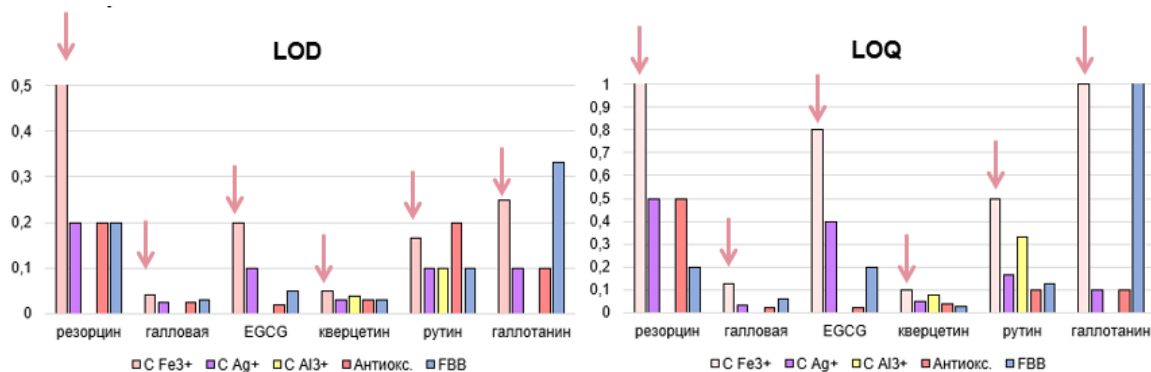


Рис. 4. Статистическая сводка LOD и LOQ для каждого метода относительно выбранных аналитов

Разработанный прототип аналитического устройства был экспериментально протестирован с выбранными чистыми фенольными соединениями для проверки мультиплексной системы анализа, аналитический отклик был оценен колориметрическим и флуориметрическим (где это было возможно) методами. Можно заметить, что выбранные методы действительно позволяют идентифицировать разные подклассы фенольных соединений.

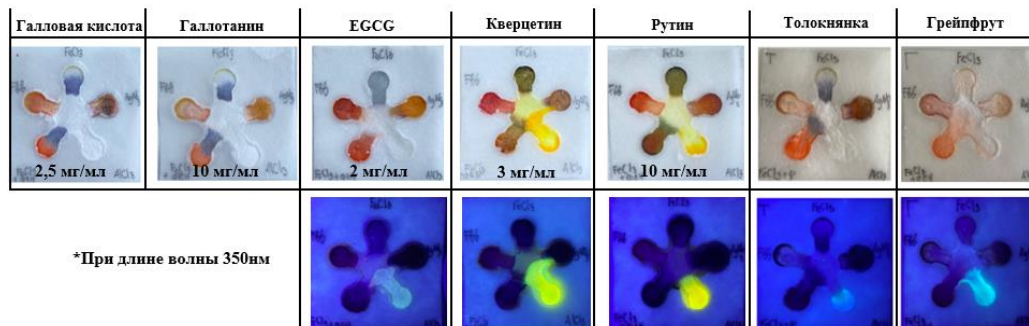


Рис. 5. Экспериментальное тестирование разработанного устройства с эталонными веществами и экстрактами с известной концентрацией фенолов и флавоноидов в пересчете на сухое вещество (Толокнянка – $64,57 \pm 2$, $26,47 \pm 0,72$; Грейпфрут – $16,21 \pm 0,20$, $6,52 \pm 0,79$)

После чего разработанные аналитические устройства были экспериментально протестированы на следующих водных экстрактах: толокнянки и грейпфрута с известным содержанием фенолов и флавоноидов для проверки функциональности устройства, оценка так же производилась двумя методами. Считывание информации производилось относительно имеющихся эталонных соединений.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В результате научно-исследовательской работы была предложена и разработана конструкция пятиконечного мультиплексного экспресс-теста на бумажной основе методом погружения в парафин, для идентификации и количественного определения фенольных соединений. Все реактивы FeCl_3 , AgNO_3 , AlCl_3 , $\text{FeCl}_3 + 1,10$ -фенантролин, $\text{FBB} + \text{Na}_2\text{SO}_4$ реагируют с каждым анализируемым веществом по разным химическим принципам и образуют продукты отличительной окраски. Определен аналитический диапазон изучаемых концентраций, а также LOD и LOQ для каждого метода по отношению к анализируемым веществам. При сравнении метод Fe^{3+} оказался менее чувствительным при взаимодействии с каждым анализируемым веществом, но его способность идентифицировать подкласс фенольных соединений исследуемых веществ делает метод незаменимым в концепции разработанного устройства. Функциональность сконструированного прибора была успешно проверена на экстрактах с известной концентрацией фенолов и флавоноидов в пересчете на сухое вещество. Предложенный μPAD применим для анализа образцов на наличие фенольных соединений в их минимальных концентрациях, а также позволяет идентифицировать принадлежность к подклассу, что в свою очередь облегчает дальнейшие исследования.

В дальнейшей работе, относительно разработанного устройства, планируется расширить ранее сформированную базу эталонов. Более подробно изучить и в дальнейшем применить иные методы формирования функциональных зон, которые позволят обрести устройству более плотную структуру и уменьшить размер аналитических каналов, что позволит минимизировать количество погружаемых реагентов и анализируемого раствора.

Список использованных источников

1. Chaikhan P. et al. A low-cost microfluidic paper-based analytical device (μ PAD) with column chromatography preconcentration for the determination of paraquat in vegetable samples //Microchemical Journal. – 2020. – Т. 159. – P. 105355.
2. Jafry A. T. et al. Flexible time–temperature indicator: A versatile platform for laminated paper-based analytical devices //Microfluidics and Nanofluidics. – 2017. – Т. 21. – Pp. 1–13.

Выпускник

Трубицына Анна Михайловна

факультет систем управления и робототехники

e-mail: anna.trubitcyna@gmail.com

Научный руководитель

Власов Сергей Михайлович

к.т.н., доцент факультета систем управления и робототехники

e-mail: smvlasov@itmo.ru

УДК 62-523

**РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ВЕКТОРНОГО УПРАВЛЕНИЯ
ЭЛЕКТРОПРИВОДАМИ В РОБОТОТЕХНИКЕ**

Ключевые слова

Векторное управление, бесколлекторный двигатель постоянного тока, регулятор, электропривод, микроконтроллер.

Цели и задачи

В настоящее время от роботов требуются высокие показатели точности, скорости и быстродействия для выполнения более сложных функций. вследствие чего возрастают требования ко всем компонентам робототехнической системы, в том числе к электроприводам. В последнее время большую популярность приобретают синхронные двигатели с постоянными магнитами и бесколлекторные двигатели постоянного тока за счёт их преимуществ: уменьшенных габаритов и веса, эффективности, надёжности и отсутствия искрения [1]. Наиболее современным методом управления данными моторами является векторное управление, оно позволяет получить хорошие характеристики системы как в статике, так и в динамике [2]. Целью данной работы является исследование алгоритма векторного управления электроприводами в робототехнике и реализация данного алгоритма на микроконтроллере, она достигается путем решения следующих задач: анализа существующих решений, моделирования алгоритма, создания стенда и программирования микроконтроллера.

Основная часть (методология, результаты)

Большое количество компаний разрабатывают системы векторного управления для применения в различных сферах (ODRIVE, VESC, Trinamic, SimpleFOC, STMicroelectronic) [3]. Системы состоят из датчиков, драйверов моторов и микроконтроллеров с реализованным на нем алгоритмом. Однако в большинстве случаев это закрытые проекты и вносить в них модификации невозможно. Существующий функционал позволяет только вводить параметры

мотора и менять коэффициенты регуляторов. В свою очередь в открытые проекты необходимо вносить большое количество модификаций для использования, предоставляемого более продвинутыми микроконтроллерами или драйверами функционала. При новой реализации алгоритма появляется возможность модифицировать его под определенные задачи, а также максимально оптимизировать для работы с выбранными компонентами.

Алгоритм векторного управления основан на идее представления трехфазных токов и напряжений в виде вектора на плоскости. Если применить к данным векторам преобразование координат, можно получить математическую модель PMSM-мотора (permanent magnet synchronous motor) в виде, доступном для регулирования:

$$\begin{cases} U_{sd} = L_{sd} \frac{dI_{sd}}{dt} + I_{sd}R_S \\ U_{sq} = L_{sq} \frac{dI_{sq}}{dt} + I_{sq}R_S + \omega\psi_f, \\ M - M_H = J \dot{\omega} \\ M = \frac{3}{2}z_p\psi_f I_{sq} \end{cases}$$

где U_{sd}, U_{sq} – напряжения статора по осям d и q во вращающейся системе координат; I_{sd}, I_{sq} – токи статора по осям d и q; R_S – активное сопротивление статора; L_{sq}, L_{sd} – индуктивности статора по осям d и q; ω – электрическая скорость вращения; ψ_f – потокосцепление ротора; J – момент инерции ротора; M – электромагнитный момент; M_H – момент нагрузки; z_p – число пар полюсов мотора.

Из данных уравнений можно увидеть, что для регулирования скорости, можно регулировать ток по оси q, который в свою очередь регулируется напряжением по оси q. Напряжения по осям d и q реализуются в трехфазной системе координат после проведения обратного преобразования координат.

В ходе работы было проведено моделирование алгоритма векторного управления. По результатам моделирования были сделаны следующие выводы:

1. Мотор может вращаться с заданной скоростью без обратной связи, однако при этом система имеет низкую энергоэффективность и не может работать на динамическую нагрузку.
2. Система с контуром положения, но без контура тока решает проблемы системы без обратной связи. Тем не менее в такой системе при росте нагрузки может сильно возрастать ток, также она медленнее обрабатывает внешние возмущения и при нелинейности системы или несинусоидальности обратной ЭДС имеет большие пульсации момента.
3. Система без блока перекрестных связей имеет статическую ошибку, что можно решить увеличением интегральной составляющей, однако это повлияет на поведение системы в переходных процессах.

В ходе работы был разработан стенд, включающий в себя: BLDC-мотор (brushless direct current), однооборотный абсолютный магнитный энкодер, трехфазный драйвер мотора, шунтовые датчики тока и микроконтроллер семейства STM32. Была получена схема электрических соединений, созданы крепления компонентов и собран стенд, изображенный на рисунке 1.

На микроконтроллере семейства STM32 был реализован алгоритм векторного управления, схема которого представлена на рисунке 2.

Данные с энкодера (датчика углового положения мотора) принимаются по протоколу передачи данных SPI, по ним вычисляется и фильтруется скорость с использованием линейно-квадратичного наблюдателя. Данные с датчиков тока приходят в аналоговом виде и поступают на аналого-цифровые преобразователи, после чего фильтруются комбинацией медианного фильтра и экспоненциального бегущего среднего. Итоговые значения токов поступают на

блок прямого преобразования координат для дальнейшего использования полученных значений в контуре тока. Для регулирования тока и скорости используются ПИД-регуляторы с экспериментально подобранными коэффициентами. Контур скорости формирует заданное значение тока, контур тока – значения напряжений. Блок обратного преобразования координат определяет модуль и угол поворота вектора напряжений, по которым с использованием алгоритма векторной ШИМ (широтно-импульсной модуляции) высчитываются скважности фазных напряжений. Изменение заданного значения скорости реализовано через обработку нажатия кнопки, данные на компьютер отправляются по протоколу передачи данных UART.

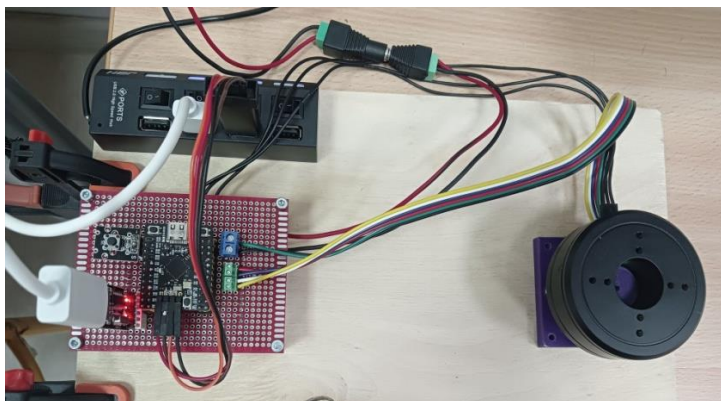


Рис. 1. Собранный стенд, вид сверху

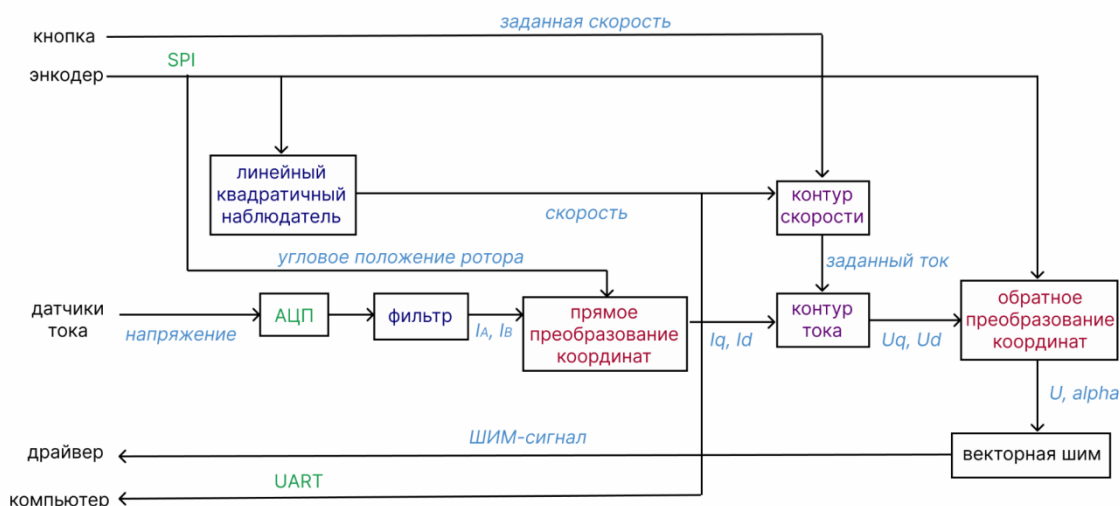


Рис. 2. Схема работы программы

Прием данных осуществляется с использованием модуля DMA (direct memory access). Он позволяет сохранять данные в памяти и отправлять их из памяти без использования процессора. Вычисления тригонометрических функций в блоках преобразований координат реализовано с использованием модуля CORDIC (COordinate Rotation Digital Computer), это позволяет ускорить вычисления и освободить от них процессор. В микроконтроллере используются аппаратные выходы ШИМ, скважности изменяются путем изменения соответствующих регистров.

Система позволяет поддерживать заданную скорость на холостом ходу с точностью 2 об/мин, а также заданное положение с точностью 0.2° (рис. 3). Система корректно обрабатывает возмущающее воздействие: при возникновении нагрузки виден рост тока, при отклонении от заданного значения система возвращается к нему. Кроме того, система способна поддерживать заданную скорость и положение при динамически изменяющейся нагрузке. Для проверки был создан второй стенд, в котором момент нагрузки изменяется по закону косинуса, то ускоряя мотор, то замедляя его.

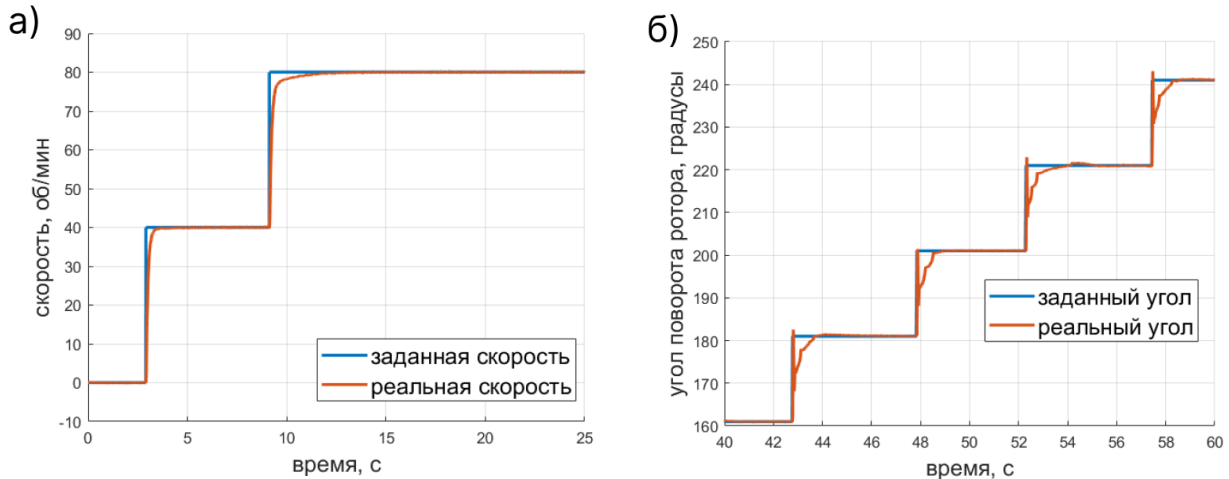


Рис. 3. Графики переходных процессов на холостом ходу при регулировании по: а) скорости, б) положению

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В ходе работы был исследован алгоритм векторного управления, а также разработана система управления бесколлекторным двигателем постоянного тока на микроконтроллере.

В дальнейшем данную систему планируется использовать для исследования алгоритмов управления, путем замены ПИД-регуляторов на различные регуляторы из линейной, нелинейной и адаптивной теории автоматического управления.

Также данная система будет использоваться для создания 3D-принтера на бесколлекторных двигателях постоянного тока, так как это позволяет увеличить скорость 3D-печати и улучшить его качество [4].

Список использованных источников

1. Усольцев А.А. Электрические машины. – 2013. – 416 с.
2. Калачев Ю.Н. Векторное регулирование // Москва. – 2013. – Т. 190.
3. Skuric A. et al. SimpleFOC: A Field Oriented Control (FOC) Library for Controlling Brushless Direct Current (BLDC) and Stepper Motors // Journal of Open Source Software. – 2022. – Т. 7. – №. 74. – Р. 4232.
4. Трубицына А.М., Бодров К.Ю. Разработка 3D-принтера с универсальным каркасом, модифицированной CoreXY кинематикой и модульным блоком вертикального перемещения. // Сборник тезисов докладов конгресса молодых ученых. Электронное издание. – СПб: Университет ИТМО, [2024]. URL: <https://kmu.itmo.ru/digests/article/13447> (дата обращения: 26.04.2024).

Выпускник

Филина Наталья Владимировна

физический факультет

e-mail: natalia.filina@metalab.ifmo.ru

Научный руководитель

Батурин Станислав Сергеевич

к.ф.-м.н., ведущий научный сотрудник физического факультета

e-mail: s.s.baturin@gmail.com

УДК 530.145, 535.14

СИММЕТРИЯ ЗАКРУЧЕННЫХ СОСТОЯНИЙ

Работа выполнена в рамках темы НИР №322080, 322081 «Динамика квантовых волновых пакетов в неоднородных электромагнитных полях».

Ключевые слова

Уровни Ландау, закрученные состояния, динамика волновых пакетов, нестационарное магнитное поле, асимметричное магнитное поле.

Цели и задачи

В работе исследуются нерелятивистские закрученные массивные заряженные частицы (электроны и протоны) в магнитном поле различных конфигураций в рамках уравнения Шрёдингера. В перспективе закрученные электроны могут стать новым инструментом в микроскопии и физике высоких энергий [1, 2]. Создавать закрученные частицы в лаборатории научились недавно, поэтому интересно поместить их в ускоритель и исследовать эволюцию состояния со временем. В данной работе были поставлены задачи по получению аналитического описания динамики закрученного электрона в цилиндрически симметричном нестационарном магнитном поле, а также по поиску стационарных состояний нерелятивистской заряженной частицы в полубесконечном соленоиде с учётом асимметрии поперечного магнитного поля на торце.

Основная часть (методология, результаты)

В первой части работы предлагается новая теоретическая модель для описания динамики нерелятивистских заряженных закрученных частиц в продольном нестационарном магнитном поле, обладающем цилиндрической симметрией, в бесспиновом приближении. Гамильтониан рассматриваемой системы имеет вид:

$$H_{\perp} = \frac{p_x^2 + p_y^2}{2 m_e} w(t) + \frac{m_e \omega(t)^2 (x^2 + y^2)}{2 w(t)} + \omega(t) L_z,$$

где m_e – масса электрона, $w(t)$ – диссипативный фактор, $\omega(t)$ – аналог частоты прецессии в нестационарном случае

$$\omega(t) = \frac{|e|B(t)}{2m_e},$$

L_z – оператор z-проекции углового момента импульса

$$xp_y - yp_x.$$

Суть подхода заключается в получении аналитического решения нестационарного уравнения Шрёдингера с данным гамильтонианом с помощью унитарного оператора, применённого к стационарным состояниям Ландау. Теория основывается на обобщении квантового преобразования Арнольда [3].

Явный вид эквивалентности позволяет легко вычислять различные параметры нестационарных закрученных состояний – дисперсию, энергию и т.п. Также удаётся строго математически показать, что закрученное состояние в процессе эволюции остаётся закрученным и проекция орбитального углового момента на ось распространения сохраняется. В практических целях метод предлагается использовать для описания распространения закрученных заряженных частиц в системе последовательных соосных магнитных соленоидов. Полученное аналитическое выражение для решений нестационарного уравнения Шрёдингера в произвольном однородном нестационарном магнитном поле позволяет подбирать длину соленоидов и магнитное поле для достижения желаемых параметров пакета на выходе.

Во второй части работы найдены стационарные волновые функции в полубесконечном соленоиде эллиптического сечения с учётом поперечного магнитного поля на его торце. После канонической замены переменных гамильтониан системы имеет вид $H_{\perp} = H_s + H_{as}$, где

$$H_s = \frac{p_x^2 + p_y^2}{2m_e} + \frac{m_e \omega^2 (x^2 + y^2)}{2},$$

$$H_{as} = [\cos(2\alpha) H_1 + \sin(2\alpha) H_3],$$

где α – параметр асимметрии соленоида, а также введены обозначения:

$$H_1 = \frac{p_x^2 - p_y^2}{2m_e} + \frac{m_e \omega^2 (x^2 - y^2)}{2},$$

$$H_2 = \frac{p_x p_y}{m_e} + m_e \omega^2 xy,$$

$$H_3 = \omega (xp_y - yp_x).$$

Оказывается, что во введённых нормализованных координатах $\{x, y, z\}$ стационарными состояниями являются моды Эрмита-Лагерра-Гаусса [4], распределение интенсивности для которых представлено на рисунке.

Также гамильтониан системы был записан в более общем виде, и с помощью аналогии с $SO(3)$ алгеброй угловых моментов было получено разложение собственной волновой функции общего гамильтониана по модам Эрмита-Гаусса.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В работе был получен базис закрученных состояний для нестационарного цилиндрически симметричного магнитного поля, а также найдены собственные состояния для стационарного несимметричного магнитного поля. Полученные результаты являются первым шагом на пути разработки новой машины класса мегасайнс по исследованию закрученных заряженных частиц большой энергии.

В дальнейшем планируется воспользоваться полученным разложением мод Эрмита-Лагерра-Гаусса по модам Эрмита-Гаусса для описания динамики закрученного состояния в нестационарном несимметричном магнитном поле, а также планируется произвести анализ процессов излучения и поглощения фотонов закрученной частицей.

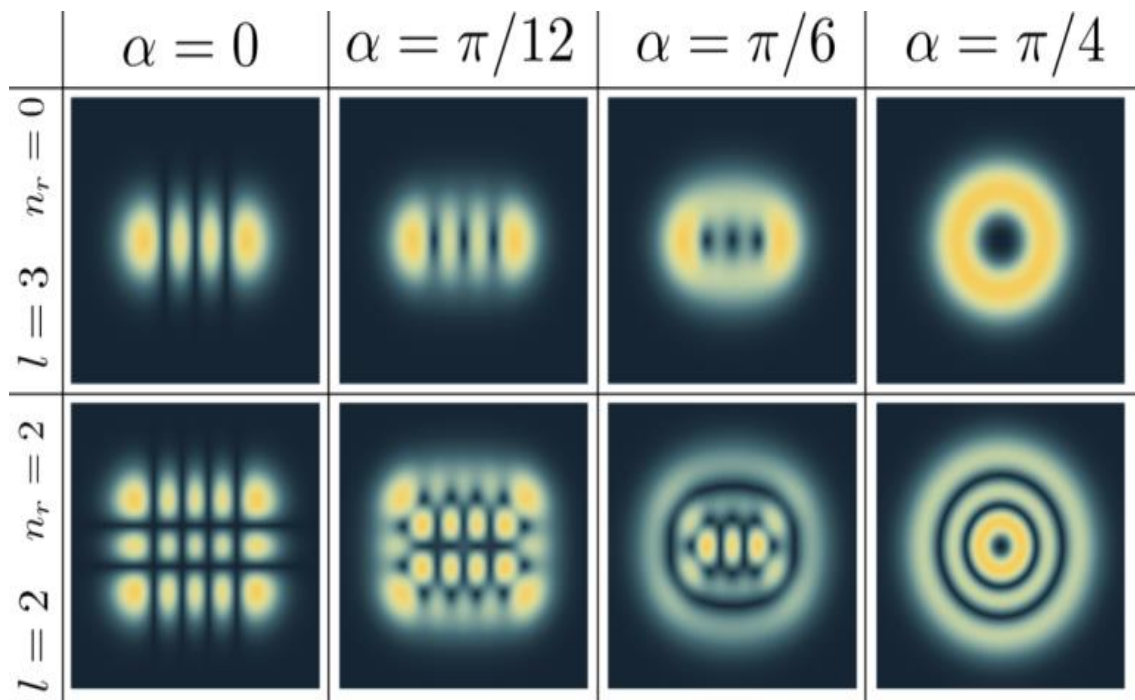


Рисунок. Моды Эрмита-Лагерра-Гаусса для разных квантовых чисел

Список использованных источников

1. Bliokh K. [и др.]. Theory and applications of free-electron vortex states // *Physics Reports*. – 2017. – Т. 690. – Pp. 1–70. DOI: 10.1016/j.physrep.2017.05.006.
2. Ivanov I.P. Promises and challenges of high-energy vortex states collisions // *Progress in Particle and Nuclear Physics*. – 2022. – PC. 103987. DOI: 10.1016/j.pnpnp.2022.103987.
3. Lopez-Ruiz F.F., Guerrero J. Generalizations of the Ermakov system through the quantum Arnold transformation // *Journal of Physics: Conference Series*. – Vol. 538. – P. 012015, Oct 2014.
4. Абрамочкин Е.Г., Волостников В.Г. Современная оптика гауссовых пучков. – М.: Наука. Гл. ред. физ-мат. лит., 2010. – 184 с.

Выпускник

Ясинский Святослав Николаевич

факультет безопасности информационных технологий

e-mail: slawajas@hotmail.com

Научный руководитель

Югансон Андрей Николаевич

к.т.н., доцент факультета безопасности информационных технологий

e-mail: a_yougunson@itmo.ru

УДК 004.428.4

РАЗРАБОТКА ГЕНЕРАТОРА ЛЕКСИЧЕСКИХ АНАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ ФОРМАЛЬНЫХ ЯЗЫКОВ

Ключевые слова

Регулярные выражения, формальные языки, конечный автомат.

Цели и задачи

Генераторы лексических анализаторов представляют собой инструменты, используемые для автоматизации процесса создания лексических анализаторов, которые являются одной из основных составляющих компиляторов и интерпретаторов программ. Лексический анализатор отвечает за преобразование последовательности символов во входном потоке в последовательность токенов. Первоначально созданные для компиляторов и интерпретаторов, лексические анализаторы нашли применение в области информационной безопасности [1]. Это связано со способностью лексического анализатора эффективно анализировать последовательность символов на предмет наличия в ней необходимых подпоследовательностей. В контексте лексического анализа язык Python имеет встроенную поддержку регулярных выражений. Однако известные реализации генераторов лексических анализаторов, написанные на Python имеют ряд недостатков. Прежде всего это связано с внутренним устройством модуля регулярных выражений языка. Также стоит учитывать тот факт, что Python является интерпретируемым языком. Из этого следует медленная скорость выполнения программ в сравнении с компилируемыми языками. В связи с этим представляет интерес создания эффективного генератора лексических анализаторов для языка Python путем ликвидации недостатков текущих решений. Для достижения данной цели были выделены следующие задачи:

1. Провести анализ существующих методов построения лексических анализаторов для формальных языков.
2. Исследовать программный интерфейс Python/C, необходимый для создания эффективных и быстродействующих модулей.
3. Разработать лексический анализатор с использованием программного интерфейса Python/C.
4. Провести тестовые испытания и сравнительный анализ эффективности созданного анализатора с известными анализаторами на языке Python.

Основная часть (методология, результаты)

В ходе выполнения работы был проведен подробный анализ существующих методов построения лексических анализаторов для формальных языков. Также было дано краткое описание математического формализма, известного как, конечный автомат. На основании известных свойств разных видов конечных автоматов была показана теоретическая возможность уменьшения времени выполнения лексического анализа при помощи языка Python [3]. Были указаны явные недостатки существующих подходов к лексическому анализу средствами языка Python, а также отмечена принципиальная теоретическая возможность повышения эффективности лексического анализа средствами Python путём устранения текущих недостатков. Также были приведены конкретные примеры известных генераторов лексических анализаторов, использующих средства языка Python.

Следующим шагом работы было исследование интерфейса Python/C. Были рассмотрены необходимые для создания модуля системы интерпретатора языка Python, такие как: обеспечение и контроль выделенной памяти, формальная система типов и структуры, необходимые для их создания. На основании данных, полученных при изучении интерфейса Python/C, а также известных подходов к реализации лексических анализаторов, была спроектирована архитектура программного обеспечения. Разработанная архитектура представляет собой UML диаграмму классов, а также описание задач, решаемых каждым классом. Описанная диаграмма представлена на рисунке 1.

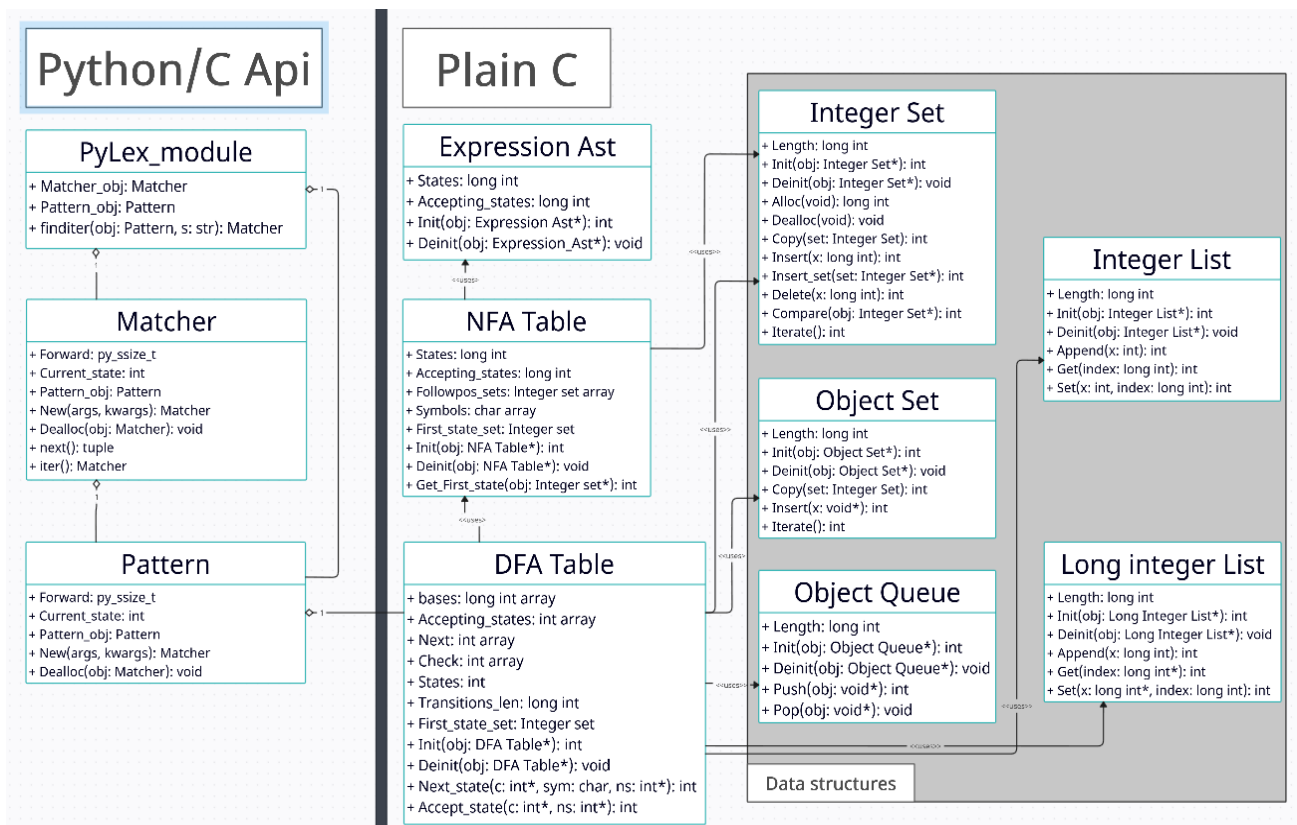


Рис. 1. UML диаграмма классов

После разработки архитектуры программного обеспечения была начата последовательная разработка всех необходимых компонентов системы. Был обоснован выбор основных структур данных, на основании которых создавались классы. Таким образом,

были реализованы все необходимые компоненты разрабатываемого генератора лексических анализаторов. Исходные коды компонентов, а также все остальные необходимые файлы могут быть найдены в онлайн репозитории проекта [2].

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

После создания программного обеспечения был проведен ряд сравнительных испытаний в ходе которых был подтвержден факт повышения эффективности разработанного программного обеспечения. В сравнительном анализе производилось сравнение лексического анализатора созданного модулем PLY (Python Lex – Yacc) и анализатора, созданного разработанным генератором. Оба анализатора были сгенерированы для задачи поиска 10 заданных IP адресов в файле сетевого журнала разного размера. По окончании выполнения тестирования собранные данные времени выполнения были собраны и нанесены на координатную плоскость, где ось X соответствует размеру файла в байтах, а ось Y – времени выполнения программ в секундах. Результат представлен на рисунке 2. Создаваемые разработанным генератором лексические анализаторы в быстродействии превосходят известные аналоги. В среднем прирост по времени составил 3 порядка.

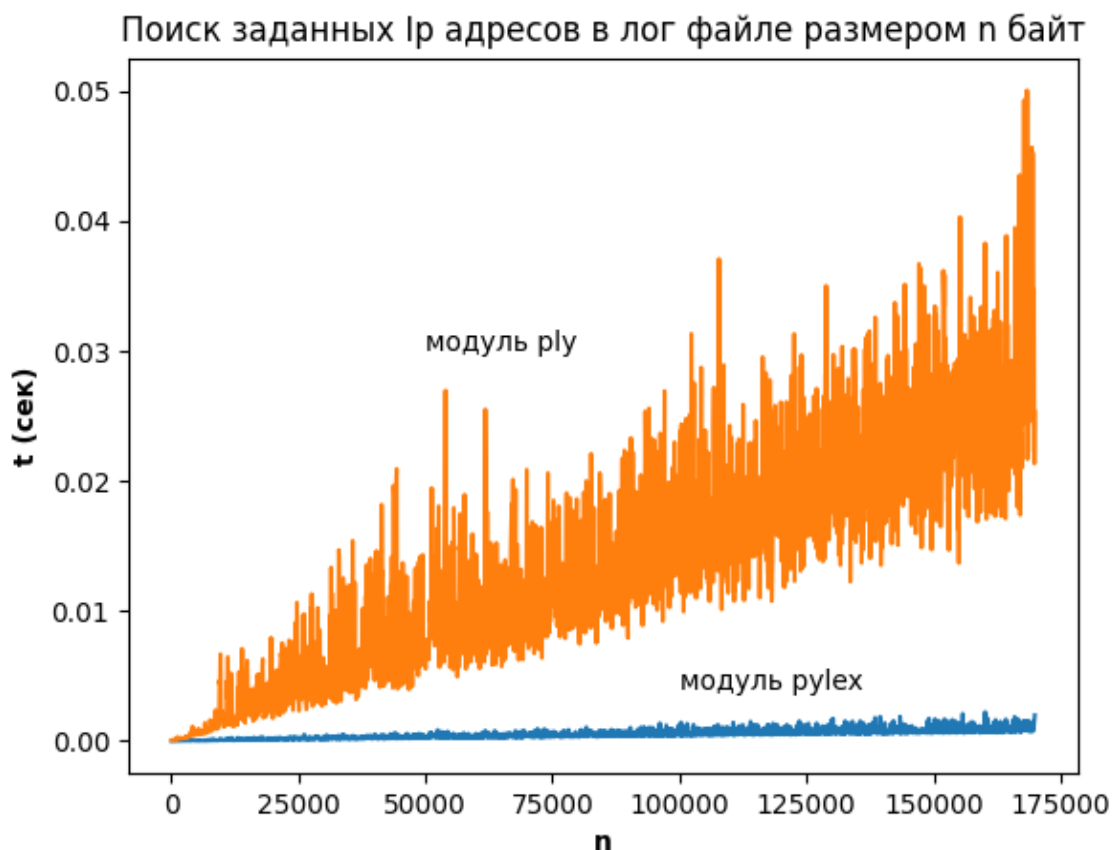


Рис. 2. UML диаграмма классов

В результате сравнительного анализа было установлено, что создаваемые разработанным генератором лексические анализаторы превосходят в быстродействии анализаторы, порожденные известными аналогами. В среднем уменьшение времени выполнения составило в среднем 3 порядка. Также удалось решить проблему экспоненциального роста времени выполнения лексического анализа в случаях работы с определёнными классами формальных.

Список использованных источников

1. Леонов Ф.В., Челпанов А.Д., Югансон А.Н. Программирование на языке Python для решения задач информационной безопасности. Методические указания по выполнению практических работ. – СПб: Университет ИТМО, 2021. – 36 с.
2. Исходный код генератора лексических анализаторов PyLex. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://github.com/astrokilin/PyLex/tree/dev> (дата обращения: 21.04.2024).
3. Ахо А., Сети Р., Ульман Д. Компиляторы // Принципы, технологии, инструменты. М.: Вильямс. – 2003. – С. 156–248.

БАКАЛАВРЫ
Участники конкурса
«Научный Эверест»
Университета ИТМО

Выпускник

Абузов Ярослав Александрович

факультет программной инженерии и компьютерной техники

e-mail: yarusking@mail.ru

Научный руководитель

Быковский Сергей Вячеславович

к.т.н., доцент факультета программной инженерии и компьютерной техники

e-mail: sergei_bykovskii@itmo.ru

УДК 681.5:625.57

**РАЗРАБОТКА МЕТОДА ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ
ДЛЯ ТРАНСПОРТНО-ГРУЗОВОЙ КАРЕТКИ**

Ключевые слова

Транспортно-грузовая каретка, канатная система, транспортно-грузовые операции, автоматизация управления, экспериментальная модель, метод позиционирования, программный комплекс.

Цели и задачи

Цель работы заключается в улучшении точности позиционирования и уменьшении времени движения транспортно-грузовой каретки (ТГК) за счёт использования автоматизированного метода позиционирования в процессе перемещения. Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи: 1. Провести анализ существующих конструкций и систем управления технологическими операциями ТГК. 2. Определить перспективные направления применения систем автоматизации для ТГК. 3. Провести анализ возможных методов позиционирования для проведения транспортно-грузовых операций. 4. Разработать и создать экспериментальную модель автоматизированной ТГК с последующим определением её технологического и операционного функционала. 5. Провести апробацию выбранных методов позиционирования с учетом технологического и операционного функционала экспериментальной модели ТГК. 6. Разработать и апробировать программный комплекс для автономного управления экспериментальной моделью ТГК.

Основная часть (методология, результаты)

В настоящий период времени с активным развитием технологического процесса все чаще встает вопрос о необходимости оперативного и безопасного выполнения транспортно-грузовых операций в сложных условиях, где стандартная техника не в состоянии проводить работу, либо выполняет её с явным ущербом различного рода, а также не обеспечивает достаточную безопасность труда. Одним из перспективных механизмов, способным

объединить решения для указанных направлений является роботизированная транспортно-грузовая каретка (рис. 1), которая перемещается по системе подвесных канатов, и способная работать с различными технологическими модулями [1, 2].

Однако для выполнения сложных, монотонных грузовых операций помимо стандартного дистанционного управления требуется полностью автоматизированный цикл действий, который позволит не только уменьшить влияние человеческого фактора, но и обеспечить лучшую производительность и безопасность выполняемых работ [3].

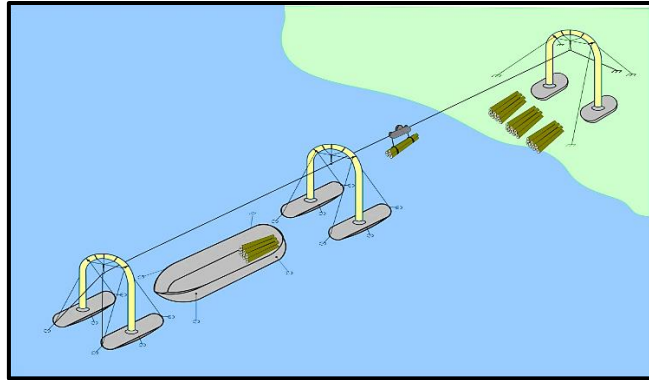


Рис. 1. Пример канатной системы с транспортно-грузовой кареткой

Для проверки работоспособности и апробации программного комплекса автоматизированного управления была разработана и создана экспериментальная модель транспортно-грузовой каретки (рис. 2) с программным управлением.

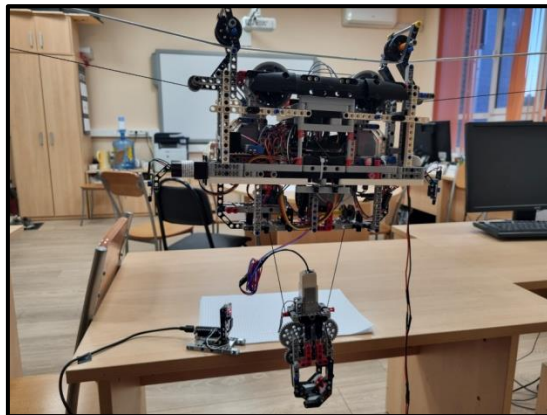


Рис. 2. Экспериментальная модель ТГК

Одним из ключевых аспектов реализации автоматизированного режима работы в системах данного вида является метод позиционирования, который позволит получать информацию о текущем местоположении, что обеспечит возможность автономного перемещения каретки по канату. В ходе работы был разработан т. н. комбинированный метод позиционирования (рис. 3), который состоит из нескольких компонентов [4, 5].

Для реализации автоматизированного режима и проведения экспериментов был разработан программный комплекс, который состоит из двух частей: программы для ТГК и программы для ПК. Передача команд управления на модель ТГК и получение информации о её состоянии осуществляется через протокол MQTT.

Для апробации программного комплекса и метода позиционирования было необходимо провести эксперимент, направленный на сравнение эффективности способов управления ТГК в процессе выполнения транспортно-грузовых операций. Эксперимент проводился для двух режимов: автоматизированный с методом позиционирования и дистанционный с ИК-пультом.

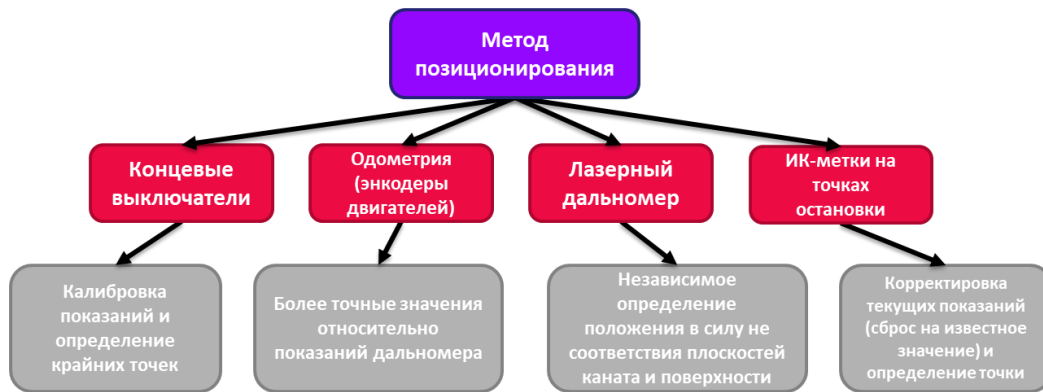


Рис. 3. Разработанный метод позиционирования для ТКК

Критерии эффективности были выбраны следующие – время выполнения задания и точность позиционирования. Было выбрано 5 точек остановок с условным грузом и для каждой такой точки производится два заезда, которые включают в себя движение вперед и назад относительно начальной точки. Количество таких заездов – 20 для каждой точки и для каждого направления. Роль условного груза выполняла мишень диаметром 5 см.

Всего было произведено 200 заездов. Среднее отклонение от точки остановки – в дистанционном режиме: 25 мм, в автоматизированном режиме: 3 мм (точность в 8,3 раза выше). Ниже приведены некоторые графики времени перемещения модели ТКК до заданной точки в двух режимах работы (рис. 4, 5). Полные результаты всех заездов и полученные показатели представлены в полном тексте работы.

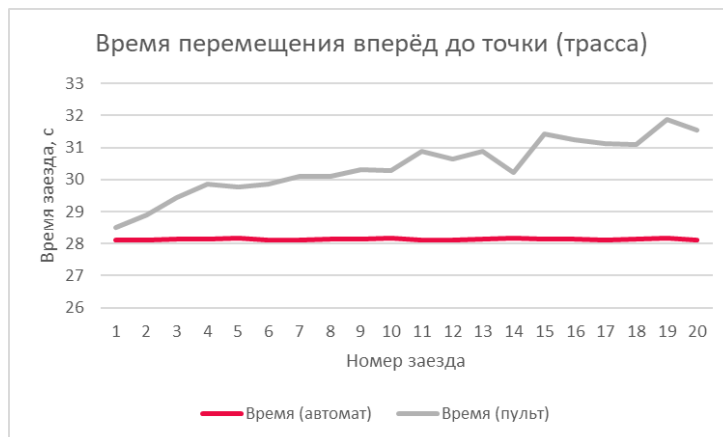


Рис. 4. График времени перемещения вперед до конечной точки

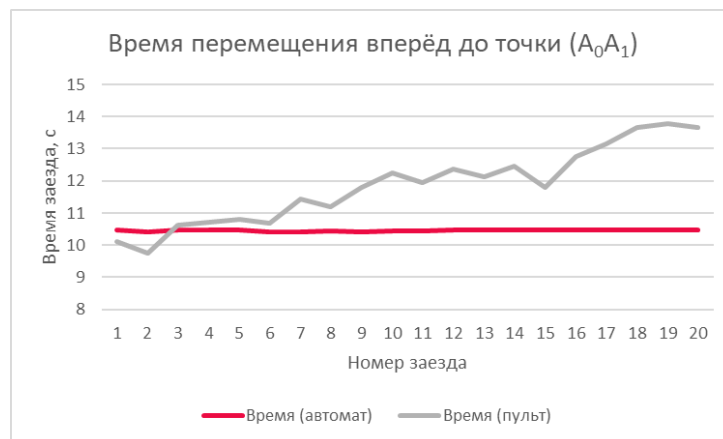


Рис. 5. График времени перемещения вперед до выбранной точки

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В результате работы был разработан программный комплекс управления для автоматизации перемещения модели транспортно-грузовой каретки. Комплекс включает в себя две составляющие: клиентскую программу для ПК и программу для контроллеров ТКГ.

Эффективность использования метода была доказана в результате проведения эксперимента – в сравнении с ручным режимом – точность наведения на цель и время выполнения задания лучше. Точность – в 8,3 раза выше (причем в ручном режиме данный показатель имеет сильную нестабильность в течение всех заездов), а время заезда в автоматизированном режиме имеет почти постоянное значение, когда как в ручном режиме (в большинстве случаев) данный показатель имеет увеличение времени относительно первого стартового заезда от 1 до 3 секунд.

Дальнейшие пути развития следующие – создание полноценного прототипа транспортно-грузовой каретки и внедрение в систему управления методов, которые основаны на искусственном интеллекте.

Список использованных источников

1. Технологии и оборудование для проведения рубок лесных насаждений: учебное пособие / П.Б. Рябухин, А.В. Абузов. – Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2017. – 244 с.
2. Donald Studier. Carriages for Skylines // Forest Research Laboratory, Oregon State University March 1993. – 21 p.
3. Чикрин Д.Е. Логика и структура построения системы управления беспилотных транспортных средств // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2021. – №. 23 (4). – С. 96–102.
4. Москаленко Т.А., Киричек Р.В. Методы позиционирования робототехнических систем внутри помещения на базе телекоммуникационных технологий // Информационные технологии и телекоммуникации. – 2016. – Том 4. – №. 1. – С. 37–45.
5. Indoor «GPS» с точностью ± 2 см. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://habr.com/ru/articles/254361/> (дата обращения: 13.04.2024).

Выпускник

Акжигитов Руслан Андреевич

факультет безопасности информационных технологий

e-mail: ruslanakzhigitov7213@gmail.com

Научный руководитель

Ищенко Алексей Петрович

заведующий лабораторией, преподаватель факультета безопасности информационных технологий

e-mail: aishchenko@itmo.ru

УДК 004.056

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ ТАКТИКАМ, ТЕХНИКАМ И ПРОЦЕДУРАМ ОПЕРАТОРОВ ШИФРОВАЛЬЩИКОВ

Ключевые слова

Шифровальщик, вайпер, вирус вымогатель, антивирус, шифрование, уничтожение данных.

Цели и задачи

Вирусы-вымогатели с 2019 года занимают первое место среди всего используемого в кибератаках вредоносного программного обеспечения. Также, в 2022 год был зафиксирован беспрецедентный рост вайперов – шифровальщиков, целью которых является уничтожение данных. В связи с этим целью работы является: повышение уровня безопасности операционных систем за счет внедрения эффективных методов противодействия шифровальщикам.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи: провести анализ существующих шифровальщиков и их методов распространения; изучить механизмы работы шифровальщиков и способы их обнаружения; разработать методы обнаружения и предотвращения атак со стороны шифровальщиков; протестировать разработанные методы.

Основная часть (методология, результаты)

В работе рассматривались только две разновидности вирусов-вымогателей: шифровальщики и вайперы, так как они самые распространенные и эффективные с точки зрения киберпреступников.

В 2019 году шифровальщики становятся самым часто встречающимся ВПО. В последующие годы учащаются атаки с использованием вымогателей, появляются более сложные виды шифровальщиков, а также более специализированные. Также уменьшается количество случайных пользователей, столкнувшихся с вирусом-вымогателем, операторы проводят все больше целевых атак на конкретные организации, требуя при этом более крупные выкупы. В 2022 году в связи с усложнившейся геополитической ситуацией на 175%

Бюллетень работ конкурса «Научный Эверест» Университета ИТМО

возрастает применение вайперов-шифровальщиков нацеленных на уничтожение данных, а не получение выкупа. К концу 2023 года вирусы-вымогатели занимают 57% рынка всего используемого вредоносного ПО, выплаты злоумышленникам превысили 1 млрд. \$, медицинские учреждения являются самой частой жертвой – 18%. Также операторы стали придерживаться двойной схеме выкупа: первый выкуп за предоставление дешифратора, второй за то, чтобы они не выкладывали данные жертвы в открытый доступ.

В ходе работы было проанализировано более 20 различных группировок шифровальщиков и вайперов. Было отмечено, что у разных групп совпадает основная часть цепочки заражения жертвы, и ключевые этапы атаки реализованы идентично. В связи с этим была выбрана модель MITRE ATT&CK [1] для классификации атак и разбиению их на тактики техники и процедуры (рис. 1).



Рис. 1. Матрица MITRE ATT&CK

Были выбраны 11 тактик, на которых действия группировок практически идентичные и различаются лишь в некоторых техниках (рис. 2).

Initial Access	Execution	Persistence	Privilege Escalation	Defense Evasion	Credential Access	Discovery	Lateral Movement	Command and Control	Exfiltration	Impact
External Remote Services (T1133)	User Execution: Malicious File T1204.002	Scheduled Task T1053.005	Bypass User Account Control T1548.002	Signed Binary Proxy Execution T1218	OS Credential Dumping: LSASS Memory T1003.001	Remote System Discovery T1018	Remote Desktop Protocol T1021.001	Application Layer Protocol: Web Protocols T1071.001	Exfiltration Over C2 Channel T1041	Inhibit System Recovery T1490
Exploit Public-Facing Application (T1190)	Command and Scripting Interpreter T1059	Account Manipulation T1098	Exploitation for Privilege Escalation T1068	Masquerading T1036	Brute Force T1110	Account Discovery T1087	Lateral Tool Transfer T1570		Exfiltration to Cloud Storage T1567.002	Service Stop T1489
Phishing (T1566)	Windows Management Instrumentation T1047	Windows Service T1543.003	Access Token Manipulation T1134	Deobfuscate/Decode Files or Information T1140		Process Discovery T1057	SMB/Windows Admin Shares T1021.002			

Рис. 2. Тактики и техники, используемые операторами шифровальщиков

Для автоматизации анализа и классификации использовалось *restudio* [2].

На основе полученных данных были сформулированы и разработаны четыре метода пресечения вредоносной активности на разных этапах заражения системы. Данные методы могут работать как по отдельности, так и в совокупности друг с другом.

Первым методом противодействия стал перечень функций операционных систем, которые стоит включить или отключить. А также общие правила, связанные с безопасной

работой с информацией, которые могут быть частью существующей политики безопасности организации или дополнять ее.

Второй метод нацелен на обнаружение и устранение вредоносного ПО до того, как оно было запущено. Он построен на технологии YARA [3] разработанной virustotal и созданной чтобы на основе текстовых и бинарных шаблонов искать вредоносные образцы в файлах и в памяти устройства.

В случаях, когда шифровальщик или вайпер попав в систему моментально начинает свою работу запускаться третий метод разработанный для противодействия шифрованию. Т.к. шифровальщики меняют расширение файлов на свое название либо на произвольный набор символов данный метод основан на перехвате системных вызовов.

Последним методом является аварийное отключение системы в случае, если не удастся остановить работу вредоносного ПО на предыдущих этапах. Он разработан с целью сохранения доступа хотя бы к части данных, которые еще не были зашифрованы или уничтожены.

После реализации методов противодействия шифровальщикам они были протестированы на двух операционных системах Windows 10 Version 22H2 и Kali Linux 2023.3. Для сравнения в Linux были выбраны 3 популярных антивируса с открытым исходным кодом: CalmAV, Nano-Antivirus, pandasecurity, а для Windows Kaspersky Premium и встроенный Windows Defender. В качестве шифровальщиков были выбраны самые успешные с точки зрения количества зараженных устройств в годы активности шифровальщики: BlackCat, Conti, Lockbit, Maze и REvil [4, 5]. Были выбраны до 5 различных образцов каждого из семейств шифровальщиков. Результаты сравнение представлены ниже на рисунке 3.

	Locbit	Revil	Maze	BlackCat	Conti
ransom_stop	+	+	+	+	+
CalmAV	+	~	+	+	
Nano-Antivirus					
pandasecurity		+	+	~	
Defender	+	~	+	+	+
Kaspersky	+	+	+	+	+

Рис. 3. Результаты сравнения с популярными антивирусами

Можно заметить, что разработанный метод обнаружил все образцы всех семейств шифровальщиков так же, как и оба антивируса под Windows: Kaspersky и Defender. Стоит отметить, что Defender обнаружил некоторые вредоносные образцы спустя 7–8 минут. Однако ни один антивирус под Linux не смог обнаружить и устранить все версии семейств шифровальщиков. Хуже всех себя показал Nano-Antivirus.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В рамках данной работы была достигнута поставленная цель – разработка эффективных методов противодействия шифровальщикам и вайперам. В ходе исследования были выполнены следующие задачи: проведен анализ и изучены методы работы и распространения современных шифровальщиков; разработаны 4 метода пресечения, обнаружения и

Бюллетень работ конкурса «Научный Эверест» Университета ИТМО

предотвращения атак со стороны шифровальщиков; проведено тестирование разработанных методов.

Дальнейшее развитие данных методов будет представлено в виде системы по предотвращению вторжения, распространения и эксплуатации шифровальщиков. Планируется реализация следующих задач: автоматизация создания правил YARA; разработка сетевого обнаружения вредоносной активности и др.

Список использованных источников

1. Kaspersky Threat Intelligence Portal: Analysis. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://opentip.kaspersky.com/?tab=lookup> (дата обращения: 18.01.2024).
2. Актуальные киберугрозы для организаций: итоги 2023 года. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ptsecurity.com/ruru/research/analytics/cybersecurity-threatscape-2023-q4/> (дата обращения: 24.04.2024).
3. Шифровальщики, действующие в СНГ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://securelist.ru/cis-ransomware/103701/> (дата обращения: 12.10.2023).
4. Билдер LockBit и целевые шифровальщики. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://securelist.ru/lockbit-3-0-based-custom-targeted-ransomware/109332/> (дата обращения: 24.04.2024).
5. Вирусы-вымогатели_(шифровальщики)_Ransomware. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Вирусывымогатели_\(шифровальщики\)_Ransomware#.D0.90.D1.82.D0.B0.D0.BA.D0.B0_.D0.B2.D0.B8.D1.80.D1.83.D1.81.D0.B0-.D0.B2.D1.8B.D0.BC.D0.BE.D0.B3.D0.B0.D1.82.D0.B5.D0.BB.D1.8F_.D0.BD.D0.B0_Software_AG](https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Вирусывымогатели_(шифровальщики)_Ransomware#.D0.90.D1.82.D0.B0.D0.BA.D0.B0_.D0.B2.D0.B8.D1.80.D1.83.D1.81.D0.B0-.D0.B2.D1.8B.D0.BC.D0.BE.D0.B3.D0.B0.D1.82.D0.B5.D0.BB.D1.8F_.D0.BD.D0.B0_Software_AG) (дата обращения: 01.09.2023).

Выпускник

Алексеевко Арина Вячеславовна
факультет безопасности информационных технологий
e-mail: alexeeenkoarina@yandex.ru

Научный руководитель

Есипов Дмитрий Андреевич
ассистент факультета безопасности информационных технологий
e-mail: some1else.d.ma@gmail.com

УДК 004.04

**РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ФАЗЗИНГ-ТЕСТИРОВАНИЯ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕНЕТИЧЕСКОГО МЕТОДА**

Ключевые слова

Фаззинг, генетический алгоритм, протокольный фаззинг, тестирование сети, GSM.

Цели и задачи

Целью работы является повышение точности обнаружения уязвимостей в телекоммуникационных программных средствах с помощью применения алгоритма фаззинг-тестирования сетевых протоколов генетическим методом. Для достижения цели будут решены следующие задачи: провести анализ предметной области и аналогов; разработать алгоритм генетического фаззинг-тестирования; провести эксперимент на эмуляторах сети GSM; выполнить оценку точности алгоритма.

Основная часть (методология, результаты)

Телекоммуникационная сеть классифицируется как критическая информационная инфраструктура (КИИ), которая должна быть надежно защищена. Наиболее уязвимой частью стека технологий мобильной связи является сеть GSM. Так как эта технология давно устарела и было много раз поэксплуатировать на предмет безопасности, но продолжает поддерживаться из необходимости большего покрытия. В сетях GSM широко используется стандарт передачи мультимедийного трафика по интернет-телефонии (VoIP). Так как технология строится на простом механизме передачи данных по IP, это становится потенциальной мишенью для злоумышленников, которые могут запускать различные атаки типа «отказ в обслуживании» (DoS) с целью нарушения связи, что приводит не только к существенной потере доходов VoIP операторов мобильной связи, но и подрывают надежность инфраструктуры VoIP. Важно избежать недопустимых ситуаций посредством тестирования с одним из самых широких спектров действия, то есть фаззинг-тестирования [1]. Основным вкладом этой работы является разработка алгоритма фаззинг тестирования, способного превентивно обнаружить

вредоносные данные, которые потенциально могут попасть на контроллер сети GSM. Мы обнаружили, что фаззинг с использованием генетического метода является наиболее эффективным методом.

Мировой рынок связи быстро движется в сторону передачи голоса через Интернет (VoIP). Основной мотивацией этой тенденции является повсеместная доступность высокоскоростных сетей. Обзор рынка, опубликованный в 2020 году показывает, что VoIP-трафик составляет 49,7% от общего объема голосовой связи. В международном телеком-сообществе сложилась формула 4+2, которая означает, что у многих операторов раньше будут поддерживаться сети 4G и 2G (LTE и GSM), пока не разовьются технологии 5G и 6G. Это значит, что актуальность в разработке и поддержке второго поколения связи не падает.

Современные решения по тестированию мультимедийного трафика не предполагают использование обратной связи для подготовки более результативных тестов, чем и будет отличаться представленное исследование от существующих. Тестирование надежности технологии GSM ведется уже давно, однако включает в себя в основном исследования влияния сети на мобильные устройства абонентов. Существует очень мало завершенных проектов, исследующих саму сеть.

Набор данных и тестовый стенд

В этом разделе мы описываем наши доброкачественные и нечеткие наборы данных RTP и OML/RSL трафика. Мы обсудим архитектуру нашего тестового стенда, который мы использовали для сбора реального медиа-трафика.

Алгоритм фаззинг-тестирования

Мы представим наш процесс фаззинга, который можно настроить для проведения фаззинга с разной скоростью – как в заголовке, так и в полезной нагрузке.

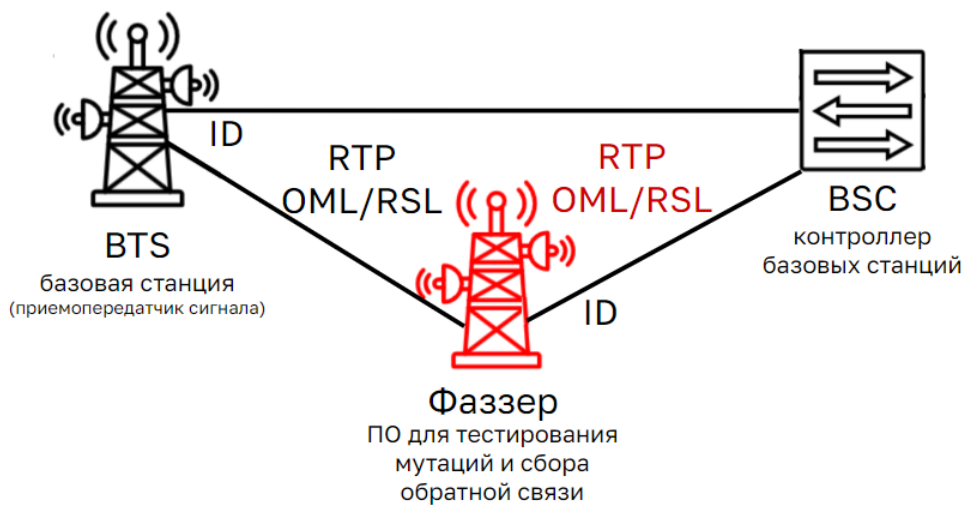


Рисунок. Схема фаззинг-тестирования по сети

Генетический метод фаззинга, основанный на концепциях естественного отбора и генетики, предполагает тестирование сервера с помощью мутаций входных данных [2] и алгоритма обратной связи для выявления наиболее результативных тестовых наборов [3].

Эксперименты и результаты

В этом разделе мы оцениваем производительность фаззера с встроенным в него алгоритмом. Мы измеряем производительность на основе четырех показателей.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В ходе работы была рассмотрена область передачи мобильного трафика по сети второго поколения связи, обнаружены присущие ей недостатки и решены с помощью разработки

алгоритма фаззинг-тестирования. Разработанный алгоритм повышает точность обнаружения уязвимостей в сетях GSM и может быть использован в разработке телекоммуникационных решений таких программно-аппаратных комплексов, как базовая станция 2G и контроллер сети GSM.

Список использованных источников

1. ГОСТ Р 56939-2016. Защита информации. Разработка безопасного программного обеспечения. Основные термины и определения. – Текст: электронный // Кодекс. электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200135525> (дата обращения: 12.02.2024).
2. Васинев Д.А., Соловьев М.В. Предложения по построению универсального фаззера протоколов // Труды учебных заведений связи. – 2023. – Т. 9. – С. 59–67.
3. Шарков И.В., Падарян В.А., Хенкин П.В. Об особенностях фаззинг-тестирования сетевых интерфейсов в условиях отсутствия исходных текстов. // Труды ИСП РАН. – 2021. – Т. 33. – С. 211–226.

Выпускник

Бецкова Елизавета Сергеевна

факультет систем управления и робототехники

e-mail: betskovaes2002@gmail.com

Научный руководитель

Андреев Юрий Сергеевич

к.т.н, доцент факультета систем управления и робототехники

e-mail: ysandreev@itmo.ru

УДК 65-3977

**ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОРТФЕЛЕМ
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗАКАЗОВ В ОПЫТНОЕ ПРОИЗВОДСТВО
ИТМО**

Ключевые слова

Производственный заказ, автоматизация, бизнес-процессы, ОЭП ИТМО, MES-система.

Цели и задачи

Опытно-экспериментальное производство Университета ИТМО (ОЭП ИТМО) следует тенденциям стремительного подъема производственного сектора и активно развивается: наращивает производственные мощности, закупает высокотехнологичное оборудование, внедряет средства цифровизации. Все эти факторы способствуют увеличению объема заказов, поступающих на производство, в связи, с чем возникает необходимость повышения эффективности процесса обработки и сопровождения производственного заказа с целью повышения производительности ОЭП ИТМО.

Основная часть (методология, результаты)

В рамках ОЭП ИТМО реализуется процесс обработки и сопровождения производственного заказа согласно локальным нормативно-правовым актам Университета ИТМО (приказам, регламентам и распоряжениям), а также ГОСТ Р ИСО 9000-2015. Производственный заказ – это заказ производственному цеху на изготовление определенного перечня продукции и/или полуфабрикатов. Процесс обработки производственного заказа делится на 3 глобальные процедуры: рассмотрение заявки, заключение договора и исполнение обязательств по договору [1, 2].

Для автоматизации процесса обработки и сопровождения производственного заказа были расписаны шаги, которые выполняются в рамках каждой из процедур, определен перечень документов, участвующих на каждом этапе данного процесса, а также проведен анализ описанных процедур с целью выявления проблемных мест, замедляющих работу.

Этап рассмотрения заявки заключается в получении письма-заявки от заказчика и конструкторской документации (КД), рассмотрения возможности изготовления полученного заказа, его стоимости, ориентировочных сроков изготовления, а также необходимости привлечения к работам субподрядчика. Во время данного этапа идет переписка с заказчиком, обсуждение всех деталей договора, и результатом данного этапа является либо переход к заключению договора, либо отказ от заказа, который может быть как со стороны ОЭП ИТМО, так и со стороны заказчика.

Этап заключения договора является формализованным и заключается в регламентировании всех достигнутых на предыдущем этапе договоренностей в соответствующей форме.

Исполнение обязательств по договору является комплексной процедурой, состоящей из нескольких подпроцедур. На рисунке 1 изображена схема данного этапа, желтым цветом выделены подпроцедуры, которые обязательно присутствуют в рамках процедуры исполнения обязательств по договору и подробно рассматриваются в данной работе, красным – обязательные подпроцедуры, которые в работе не рассматриваются, а фиолетовым – вариативные подпроцедуры, наличие которых определяется договоренностями, достигнутыми на предыдущих этапах, при их наличии они встраиваются в основную цепочку. Данные подпроцедуры также подробно рассматриваются в работе.

Исполнение обязательств по договору

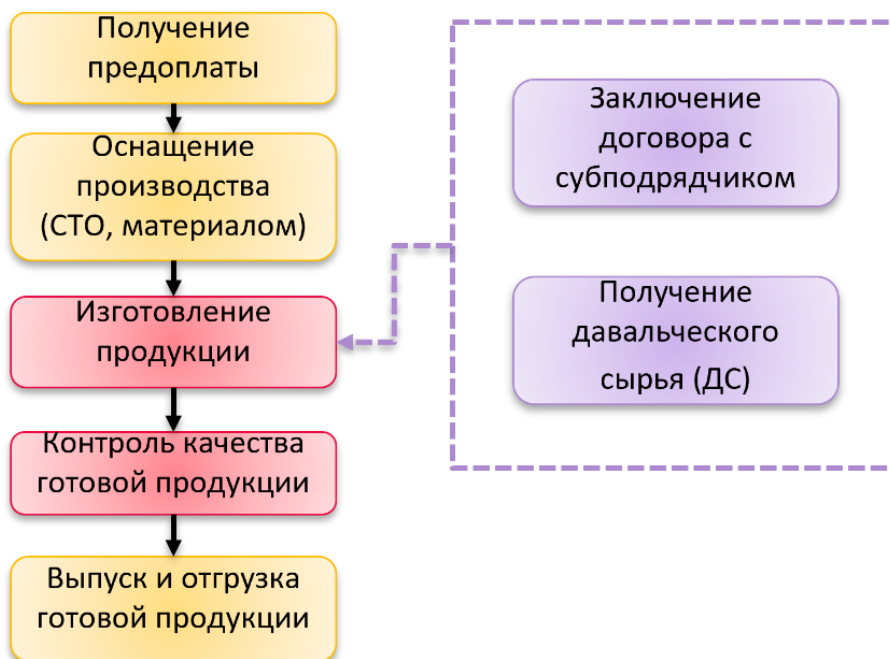


Рисунок. Схема процедуры исполнения обязательств по договору

Для каждой процедуры (подпроцедуры) были разработаны пошаговые схемы, которые впоследствии переводились в цифровой формат.

Для автоматизации процесса обработки и сопровождения производственного заказа было принято решение использовать MES-систему ((Manufacturing Execution System) или АСУП (Автоматизированная система управления производством), которая является комплексом систем, необходимых для управления производством на каждом этапе производственных процессов [3]. В рамках работы рассматривался функционал системы, связанный с обработкой и сопровождением производственного заказа, планированием производства, анализом загрузки производственных мощностей и синхронизацией между подразделениями.

Существует большое количество MES-систем, для выполнения работы была выбрана MES-система «ГОЛЬФСТРИМ» от компании «АСКОН», что обусловлено сотрудничеством ОЭП ИТМО и компании-разработчика, и готовностью предоставить лицензию для выполнения работы.

MES-система «ГОЛЬФСТРИМ» состоит из двух частей: серверной и клиентской. В начала выполнялась настройка серверной части: создавалась база данных, внутри которой происходит вся работа пользователей и хранятся все данные, вносились структура организации, существующие должности и сотрудники, для каждого сотрудника создавалась учетная запись для входа в клиентскую часть и определялся уровень доступа к информации.

После настройки серверной части вся работа происходила в клиентской части, к серверной же имеет доступ только администратор для поддержки системы и внесения правок при необходимости. В клиентскую часть под своими учетными записями входят сотрудники. Для внесения заявки необходимо выбрать задачу «Создание заказа на производство» из списка задач на рабочем столе, после чего заполнить или выбрать из базы данных карточку заказчика, внести данные о заказе и сохранить. Новая заявка начинает отображаться в списке существующих заявок и далее можно менять ее статус. Таким образом, происходит контроль исполнения заявки, ответственные за каждый этап лица дополняют данные о статусе заказа вплоть до его отгрузки и получения окончательного расчета.

После моделирования процесса обработки и сопровождения производственного заказа в MES-системе был проведен сравнительный анализ результатов до автоматизации и после.

До автоматизации при осуществлении вручную анализа загрузки производства, актуализации информации по заказам, синхронизации данных между производством и аппаратом управления производством и других необходимых действий в среднем тратилось около 15 дней.

После автоматизации на осуществление данных действий затрачивается в среднем от одного до трех дней, что зависит от загруженности сотрудников текущими задачами.

На основании проведенного анализа можно сделать вывод, что поставленная цель достигнута.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В ходе работы был рассмотрен процесс обработки и сопровождения производственного заказа в ОЭП ИТМО и его компоненты. В рассматриваемом процессе были выявлены места, требующие автоматизации для повышения его эффективности, по результатам моделирования был проведен анализ, показывающий, что автоматизация снижает временные затраты примерно в 5 раз. Снижение временных затрат на обработку производственного заказа приводит к непрерывному планированию производства, которого крайне сложно достичь вручную. В связи с появлением непрерывного планирования производства возрастает производительность ОЭП ИТМО за счет снижения временных затрат на переходные процессы.

В дальнейшей работе планируется внедрение PDM-системы «ЛОЦМАН», развитие идеи по созданию в ОЭП ИТМО отдельного складского помещения, в связи с возможностью ведения складского учета в MES-системе и синхронизации данных с данными о заказах, а также упрощение ведения бухгалтерского учета на производстве путем синхронизации MES-системы с системой «1С».

Список использованных источников

1. ГОСТ Р 15.301—2016. Система разработки и постановки продукции на производство. Продукция производственно-технического назначения. Порядок разработки и постановки продукции на производство: дата введения 2017-07-01. – Москва: Стандартинформ, 2018. – 12 с.
2. Варзунов А.В. Анализ и управление бизнес-процессами: учебное пособие / А.В. Варзунов, Е.К. Торосян, Л.П. Сажнева. – Санкт-Петербург: Университет ИТМО, 2016. – 115 с.
3. Кондратенко С.С., Сидельников В.И. Обоснование необходимости создания и внедрения MES-системы на предприятие // Инновационная наука. – 2020. – №. 6. – С. 49–50.

Выпускник

Великая Ксения Владимировна

факультет технологического менеджмента и инноваций

e-mail: velikaya.ksysha@mail.ru

Выпускник

Захаренкова Анастасия Анатольевна

факультет технологического менеджмента и инноваций

e-mail: nastyazash@mail.ru

Научный руководитель

Клочкова Александра Валерьевна

доцент, к.э.н., преподаватель факультета технологического менеджмента и инноваций

e-mail: avklochkova@itmo.ru

УДК 331.53

**БИЗНЕС-ТЕЗИС "UNILINK": РАЗРАБОТКА КОНЦЕПТА ПЛАТФОРМЫ
УПРАВЛЕНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕМ ВУЗОВ И ОРГАНИЗАЦИЙ
В ПРОЦЕССЕ ПОДГОТОВКИ КАДРОВ**

Ключевые слова

Кейс-стади, инновационная платформа, образовательная платформа, образование, подготовка кадров, взаимодействие вузов и организаций, практическое обучение.

Цели и задачи

Разработка концепта платформы управления взаимодействием вузов и организаций в процессе подготовки кадров.

Провести теоретические и эмпирические исследования проблематики инновационного образования и обосновать потребность в инновационном решении; провести анализ потенциала коммерциализации инновационного решения; разработать концепцию платформы для взаимодействия вузов и организаций в процессе подготовки кадров.

Основная часть (методология, результаты)

В современных условиях значимость внедрения инновационных методов в сферу образования непрерывно возрастает. Это связано не только с необходимостью улучшения качества обучения студентов, но и с влиянием на экономическое положение России на мировом рынке [1–5]. Таким образом, развитие инновационного образования в Российской Федерации является актуальной задачей.

На данный момент существует несколько известных решений для интеграции вузов и компаний в процессе подготовки кадров. Однако у этих решений есть свои недостатки, такие как

ограниченная функциональность, слабая адаптация к российским условиям и недостаточная интеграция с существующими образовательными и корпоративными системами [4].

Предлагаемая платформа «UniLink» стремится преодолеть эти недостатки за счет более гибкой и масштабируемой архитектуры, а также за счет учета специфики российского рынка образования. Преимущества «UniLink» включают улучшенную функциональность, возможность персонализации под конкретные нужды вузов и компаний, а также потенциал для масштабирования и адаптации к изменениям рынка.

Анализ рыночных тенденций и поиск рыночного окна. В ходе исследования были проанализированы современные тренды образования в России и за рубежом. Был проведен анализ конкурентов, выявлены их сильные и слабые стороны, определены ограничения и перспективы масштабирования. Также был изучен рынок существующих решений платформ, объединяющих вузы и организации.

Коммерциализация инновационного решения «UniLink»: исследование потенциального спроса показало высокий интерес со стороны образовательных учреждений и компаний к платформе, которая может облегчить взаимодействие и улучшить качество подготовки кадров. Были оценены конкурентоспособность платформы, ограничения и перспективы её масштабирования на рынке инновационного образования.

Разработка концепции платформы: на основе проведенных исследований была разработана концепция платформы управления взаимодействием вузов и организаций. Были описаны стандарты написания кейсов, работа платформы, составлен финансовый план и проведена оценка инвестиционной привлекательности проекта.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

Основные результаты исследования заключаются в следующем:

- платформа «UniLink» имеет высокий потенциал для коммерциализации благодаря своему инновационному подходу к интеграции вузов и компаний;
- платформа обладает высокой конкурентоспособностью на рынке инновационного образования, что подтверждается анализом потенциального спроса и перспектив масштабирования;
- разработанная концепция платформы и её бизнес-модель являются экономически целесообразными и привлекательными для инвесторов.

Для дальнейшего развития проекта планируется:

- провести пилотные испытания платформы в нескольких ведущих вузах и компаниях для получения обратной связи и внесения необходимых улучшений;
- привлечь до конца 2024 года 9 компаний;
- исследовать возможности интеграции с другими образовательными и корпоративными системами для расширения функциональности и повышения ценности платформы.

Эти шаги помогут обеспечить успешную реализацию и устойчивое развитие платформы «UniLink» на рынке инновационного образования.

Список использованных источников

1. Татьяна Илюшниковна: количество субъектов МСП в РФ выросло в 2023 году на 6% и достигло 6,3 млн Министерство экономического развития Российской Федерации. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://clck.ru/3Ah7QK> – (дата обращения: 08.05.2024).

Бюллетень работ конкурса «Научный Эверест» Университета ИТМО

2. Какое количество рабочих мест в России требует высшего образования. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ganepa.ru> (дата обращения: 08.05.2024).
3. Более 3000 предприятий сотрудничают с вузами по стратегическим проектам. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://clck.ru/3Ah7Rb> (дата обращения: 08.05.2024).
4. Что такое глубинное интервью в маркетинге. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://clck.ru/3Ah7Sg> (дата обращения: 08.05.2024).
5. Коллекция учебных кейсов Высшей школы бизнеса. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://gsb.hse.ru/csc/collection/> (дата обращения: 10.03.2024).

Выпускник

Вернигорова Анастасия Анатольевна

факультет безопасности информационных технологий

e-mail: vernigorova069@outlook.com

Научный руководитель

Михайличенко Ольга Викторовна

к.т.н., доцент факультета безопасности информационных технологий

e-mail: ovmikhailichenko@itmo.ru

УДК 004.056

РАЗРАБОТКА ТИПОВОЙ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СЛУЖБЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Ключевые слова

Информационная безопасность, метрики, критические факторы успеха, ключевые показатели результатов деятельности, измерение результативности.

Цели и задачи

Развитие технологий, изменения в законодательстве и появление новых уязвимостей требуют от службы информационной безопасности (ИБ) постоянного совершенствования процессов, связанных с обеспечением безопасности информационных активов организации. В целях определения процессов, требующих осуществления корректирующих мероприятий и оптимизации расходов по обеспечению ИБ, необходимо осуществлять систематическое проведение оценки эффективности работы службы ИБ, позволяющее выявить слабые места в реализации процессов ИБ в соответствии с теорией ограничений Элияху Голдратта и определить эффективность выстроенных процессов [1]. При этом существующие методы оценки эффективности работы службы ИБ имеют недостатки, связанные с возможностью сотрудников влиять на значения показателей, узкой направленностью, субъективностью оценки и т. д., вследствие чего существует необходимость разработки типовой методики, позволяющей оперативно получить достоверные сведения о состоянии выстроенных процессов и оценить эффективность работы службы ИБ.

Основная часть (методология, результаты)

Оценка эффективности работы СИБ заключается в формировании оценочного суждения относительно пригодности процессов управления ИБ и качества работы сотрудников. Оценочное суждение формируется на основании результатов проведения измерений и вычисления рейтингов показателей и значений интегральных оценок.

Для формализации процесса оценки эффективности деятельности СИБ было проведено функциональное моделирование в соответствии с нотацией IDEF0, в работе выделены и подробно описаны основные этапы проведения оценки, начиная с инициирования процесса оценки на основании приказа руководства и создания комиссии по проведению оценки и заканчивая формированием оценочных суждений и отчетных материалов (рис. 1).

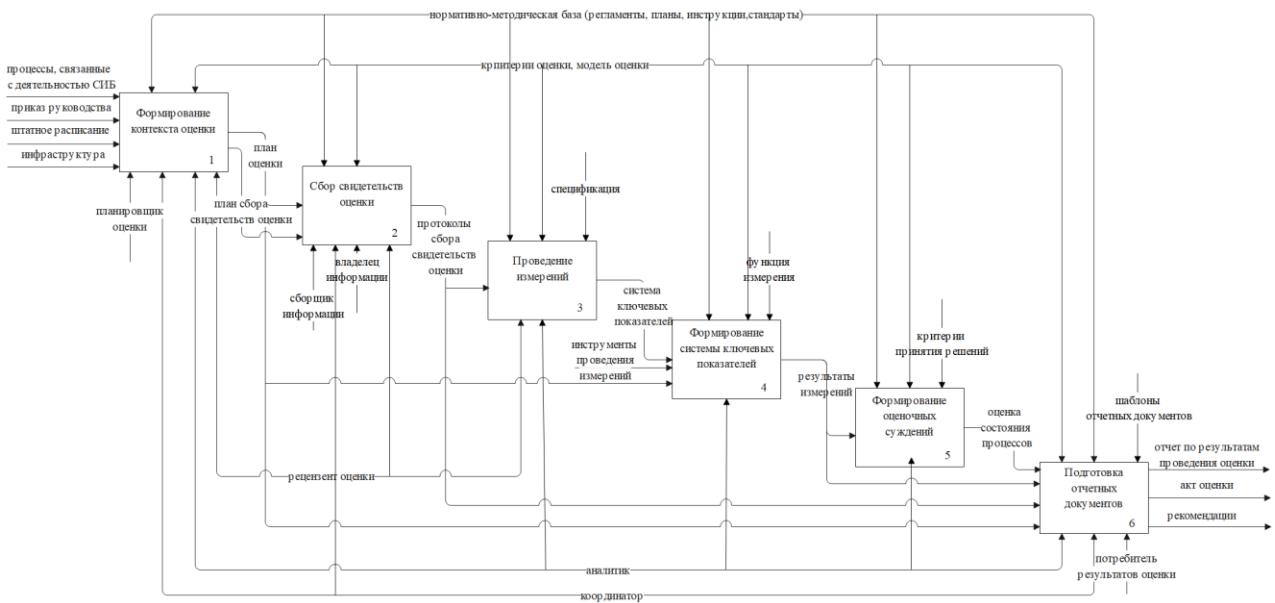


Рис. 1. Функциональное моделирование процесса оценки эффективности работы службы ИБ

На основании проведенного анализа предметной области было рассмотрено более 25 публикаций и с учетом выделенных ключевых факторов успеха определены 10 областей контроля [2]. Разработана система групповых показателей, которые представляют собой направления деятельности в контексте рассматриваемой области контроля (рис. 2).

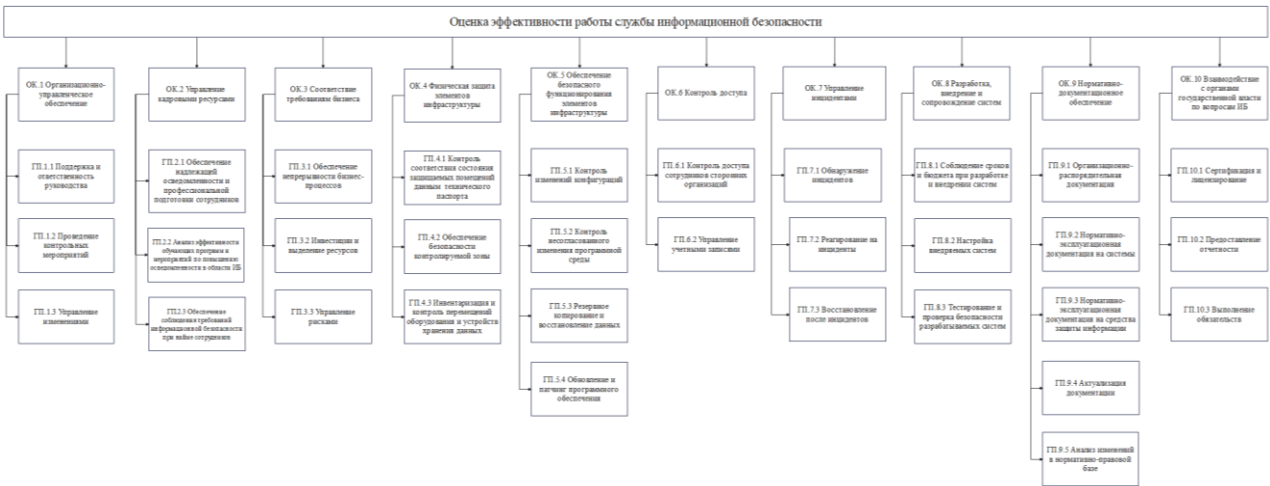


Рис. 2. Система групповых показателей результатов деятельности

Для систематизации и структурированного описания показателей результатов деятельности разработаны шаблоны спецификаций и шаблон расчета интегрального значения [3].

Для нормирования значений для каждого показателя введено понятие рейтинга, которые представляет собой численный результат сравнения фактического значения с целевым и граничным. Благодаря этому появляется возможность свести вместе множество различных показателей и рассчитать по ним интегральную оценку, даже если они обладают разными единицами измерения, диапазонами значений и целевой динамикой. В работе приведены формулы для расчета показателей, имеющих растущую и убывающую целевую динамику.

Для представления результатов в более наглядном виде использован метод цветового кодирования для улучшения восприятия полученных результатов и последующей визуализации данных.

Для расчета интегральных значений предложен алгоритм на основе рациональной функции. Данный алгоритм сильнее реагирует на отклонения, чем среднее арифметическое, поэтому пригоден для агрегирования большого числа метрик и может применяться в комплексных системах оценки вместо него. Кроме того, он умеет «подстраиваться» под изменяющееся число метрик, что позволяет корректно исключать из расчёта интегральной оценки те показатели, значения которых за данный период не определены (например, в связи с тем, что характеризуемая ими работа в данном периоде не выполнялась).

Взаимное влияние показателей учитывается благодаря введенной системе весовых коэффициентов, расчет которых производится по методу Саати. При использовании данного метода не надо проводить сложные математические расчеты, а также формировать экспертную комиссию.

Для определения степени корректности данных при расчетах вычисляется отношение согласованности. Высокий уровень несогласованности указывает на значительные расхождения или противоречия в оценке важности показателей, позволяя обнаружить и исправить допущенные ошибки. При учете отдельных отклонений при расчете интегральных значений вводятся дополнительные утяжеляющие веса, позволяющие повысить объективность результирующих данных.

Для интерпретации результатов измерений разработана схема процесса формирования оценочного суждения, который представляет собой строгую последовательность этапов, начиная с выбора объекта измерения, проведения измерений и интерпретации полученных результатов измерений на основе заранее определенных критериев принятия решений с целью принятия управленческих решений (рис. 3).



Рис. 3. Схема формирования оценочного суждения

Полученные результаты и оценочные суждения оформляются в виде отчетных материалов, которые могут быть представлены как оперативные или аналитические отчеты. Для наглядного представления полученных результатов в работе представлены примеры применения графических материалов.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В ходе проделанной работы проведен анализ существующих методов оценки эффективности работы службы ИБ и выявлены недостатки рассмотренных подходов. На основании результатов проведенного анализа разработана типовая методика оценки эффективности работы службы ИБ, представляющая собой унифицированное средство для оперативного и систематического анализа деятельности службы ИБ. Объективность и оперативность вычислений достигнута за счет использования математической модели, основанной на количественном подходе и исключающей необходимость привлечения экспертной комиссии. Снижение вероятности появления ошибок, которые могут быть допущены при агрегировании значений показателей и расчете весовых коэффициентов для учета их взаимного влияния, достигнуто за счет внедрения дополнительных проверок на основе вычисления степени согласованности при использовании метода Саати. Результаты оценки эффективности работы службы ИБ, проведенной с использованием предложенной методики, могут быть использованы для принятия решений по улучшению работы службы ИБ на основании вынесенных суждений относительно состояния процессов ИБ и целесообразности используемых защитных мер.

В дальнейшей работе планируется детализация системы ключевых показателей результатов деятельности и разработка соответствующего набора спецификаций.

Список использованных источников

1. Детмер У. Теория ограничений Голдратта. – М.: Альпина Паблишер, 2012. – 482 с.
2. Arbanas K., Žajdela Hrustek N. Key success factors of information systems security // Journal of information and organizational sciences. – 2019. – Vol. 43. – №. 2. – Pp. 131–144.
3. Сафина Д.М. Управление ключевыми показателями эффективности: учебное пособие – Казань: Казан. ун-т, 2018. – 123 с.

Выпускник

Давыдов Марк Анатольевич

факультет безопасности информационных технологий

e-mail: mark.davydov.1024@gmail.com

Научный руководитель

Левко Игорь Владимирович

доцент, к.т.н., доцент факультета безопасности информационных технологий

e-mail: levko_iv@mail.ru

УДК 004.492.4

**РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА КОНТРОЛЯ TCP/UDP-ТРАФИКА
В ЛОКАЛЬНОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ В УСЛОВИЯХ DOS-АТАК**

Ключевые слова

DoS-атака, TCP/UDP-трафик, IDS/IPS, машинное обучение, мониторинг сетевого трафика.

Цели и задачи

Среди многочисленных вызовов безопасности особенно распространены DoS-атаки, направленные на дестабилизацию работы сетей путем исчерпания их ресурсов.

Целью работы является повышение эффективности обнаружения вредоносного трафика в условиях DoS-атак, путем разработки алгоритма контроля TCP/UDP-трафика в локальной вычислительной сети.

Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи: провести анализ различных типов DoS-атак и их воздействия на TCP/UDP-трафик, а также существующих методов защиты от этих атак. Разработать алгоритм контроля трафика, способный эффективно обнаруживать и предотвращать DoS-атаки в реальном времени. Оценить эффективность обнаружения вредоносного трафика в условиях DoS-атак разработанным алгоритмом контроля TCP/UDP-трафика в локальной вычислительной сети.

Основная часть (методология, результаты)

В данной работе рассматриваются способы повышения эффективности обнаружения DoS-атак путем создания и внедрения алгоритма, способного анализировать сетевой трафик в реальном времени [1]. Основная задача – создать алгоритм, который сможет различать нормальный и вредоносный трафик, классифицировать тип DoS-атаки и реагировать на угрозы своевременно. В ходе исследования проведен обзор научной литературы, включающий методы обнаружения и предотвращения DoS-атак, а также рассмотрены существующие инструменты и системы (например, Snort, iptables) для мониторинга и анализа сетевого трафика.

Алгоритм программно-реализован и представляет из себя соединенные и взаимодействующие модули, а именно: модуль захвата трафика [2], модуль анализа трафика, модуль принятия решений и модуль взаимодействия с сетевым оборудованием. Блок-схема первого модуля представлена на рисунке 1, в нем мы захватываем и выделяем те параметры,

которые получили с помощью анализа TCP/UDP-трафика в начале работы [3]. В рамках разработки алгоритма был создан метод, основанный на методах машинного обучения, для анализа и классификации сетевого трафика [4]. Были сгенерированы и собраны данные, включающие нормальный трафик и трафик с DoS-атаками (SYN flood, UDP flood и RST attack). В общей сложности собрано более 30,000 пакетов, из которых 80% использованы для обучения модели, а 20% – для тестирования. Блок-схема разработанного алгоритма представлена на рисунке 2. Алгоритм был протестирован на собранных данных, и проведена оценка эффективности по метрикам: точность (Accuracy), полнота (Recall), точность (Precision), F1-score и ложные срабатывания (False Positives).

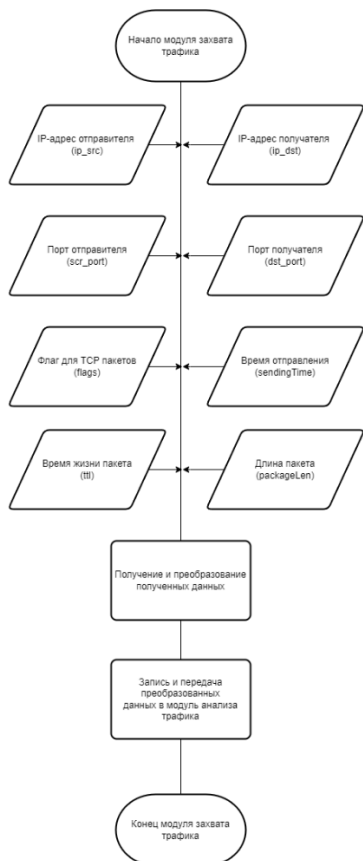


Рис. 1. Блок-схема модуля захвата трафика

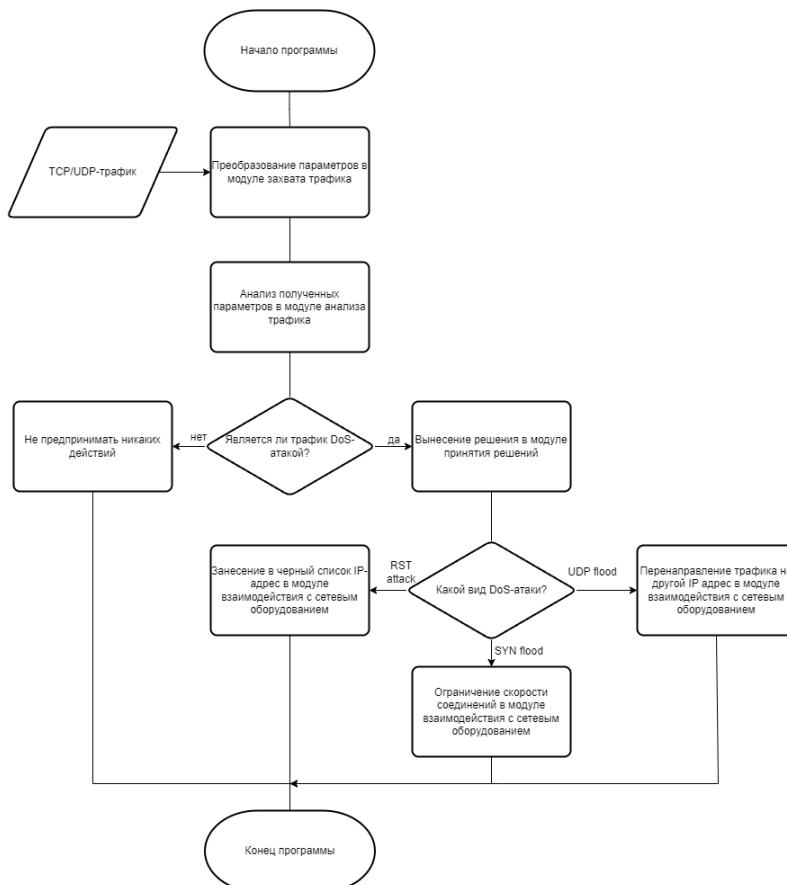


Рис. 2. Блок-схема алгоритма контроля TCP/UDP-трафика

Также проведена оценка эффективности системы Snort до и после внедрения разработанного алгоритма. Проведено сравнительное тестирование, подтверждающее улучшение показателей эффективности после внедрения алгоритма. А именно общая точность обнаружения возросла с 92.12% до 94.52%. В результате экспериментальных исследований и моделирования подтверждена эффективность предложенного алгоритма, что иллюстрируется полученными данными.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В ходе проведенного исследования была достигнута основная цель – повышение эффективности обнаружения вредоносного трафика в условиях DoS-атак путем разработки алгоритма контроля TCP/UDP-трафика в локальной вычислительной сети. Разработанный алгоритм, основанный на методах машинного обучения, продемонстрировал высокую точность в обнаружении и классификации DoS-атак, что подтверждается результатами экспериментальных исследований. Основные метрики эффективности, такие как точность

(Accuracy), полнота (Recall), точность (Precision), F1-score и уровень ложных срабатываний (False Positives), значительно улучшились по сравнению с исходной системой Snort.

Эти результаты свидетельствуют о том, что предложенный алгоритм способен идентифицировать вредоносный трафик и классифицировать различные типы DoS-атак, что в свою очередь способствует повышению безопасности локальных вычислительных сетей.

Дальнейшие перспективы исследования включают расширение функционала алгоритма для обнаружения и других типов сетевых атак, таких как DDoS и атаки на уровне приложений. Необходимы также исследования по оптимизации алгоритма для работы в высоконагруженных сетях с целью снижения времени отклика и повышения масштабируемости. Перспективным направлением является интеграция алгоритма с другими системами обеспечения информационной безопасности для создания комплексных решений по защите сетевых инфраструктур.

Кроме того, дальнейшие исследования могут быть направлены на применение глубокого обучения для улучшения точности и эффективности алгоритма, а также на разработку методов автоматического обновления модели на основе новых данных о сетевых атаках. Важным аспектом является проведение сравнительных исследований с другими существующими системами и алгоритмами для определения наиболее эффективных методов защиты от сетевых угроз.

Список использованных источников

1. Алиев Р.А. Анализ и классификация трафика компьютерных сетей. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://jpit.az/uploads/article/az/THE_ANALYSIS_AND_CLASSIFICATION_OF_THE_COMPUTER_NETWORKS_TRAFFIC_rus_.pdf (дата обращения: 27.04.2024).
2. Снейдер Й. Эффективное программирование TCP/IP. – 3-е изд. – СПб.: Питер, 2012. – С. 131–136.
3. Истарова Е.Е., Смирнов А.Е., Глинин Е.В. Разработка программного обеспечения для мониторинга характеристик трафика в корпоративной компьютерной сети // International Journal of Open Information Technologies. – 2021. – С. 75–76.
4. Ванкхеде Ш., Кширсагар Д. Обнаружение DoS-атак с использованием машинного обучения и нейронной сети. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8697702> (дата обращения: 20.04.2024).

Выпускник

Дементьев Глеб Дмитриевич

факультет технологического менеджмента и инноваций

e-mail: 311800@niuitmo.ru

Научный руководитель

Горгадзе Алексей Алексеевич

доцент факультета технологического менеджмента и инноваций

e-mail: agorgadze@itmo.ru

УДК 004.04

ПРИМЕНЕНИЕ БОЛЬШИХ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ В АНАЛИТИКЕ ДИАЛОГОВЫХ КОММУНИКАЦИЙ

Ключевые слова

Большие языковые модели, LLM, речевая аналитика, диалоговая аналитика, NLP, анализ настроения, извлечение сущностей, NER, нечеткая логика, классификация тематик.

Цели и задачи

В этой работе впервые предпринята попытка количественно оценить качество выходных данных больших языковых моделей (LLM) в задачах аналитики речи, используя реальные данные диалогов на русском языке и вопросы, непосредственно сгенерированные бизнес-пользователями. Цель состоит в том, чтобы ранжировать LLM по качеству ответа и продемонстрировать их ограничения и сильные стороны, тем самым способствовать масштабной адопции LLM в аналитике диалогов.

Основная часть (методология, результаты)

Чжан и др. (2024) успешно использовали LLM для оценки диалогов по числовой шкале, но в корпоративных диалогах необходима прозрачная оценка по заранее подготовленным рубрикам, такой подход «черного ящика» неприемлем [3]. Ма и др. (2024) и другие применили LLM к отдельным задачам в конкретных контекстах, но разнообразие контекстов в задачах аналитики диалогов требует более широкой проверки эффективности LLM [2]. Финч, Пэк и Чой (2023) продемонстрировали слабую производительность одной LLM в аналитике диалогов, но с тех пор, как они опубликовали свои результаты в сентябре 2023 года, произошли значительные улучшения в общедоступных LLM [1].

Для высокоуровневого анализа возможностей LLM был выбран метод нулевого выстрела (т.е. без демонстрации примеров в момент инференса). С помощью бизнес-заказчиков решений диалоговой аналитики, был составлен список из 21 вопроса по аналитике диалогов. Ко всем диалогам было задано 9 общих вопросов, и для каждого диалога было

Бюллетень работ конкурса «Научный Эверест» Университета ИТМО

задано от 2 до 3 уникальных вопросов специфичных для его бизнес-домена, всего от 11 до 12 вопросов на каждый диалог. 7 вопросов касались бинарной классификации, 5 – выбора из нескольких вариантов, 9 – открытые вопросы.

Запрос к LLM состоял из транскрипции диалога, краткой инструкции и набора вопросов. Атрибуты вопросов были преобразованы в структурированный запрос со случайно сгенерированным ключом для каждого вопроса. Все модели получили инструкции предоставлять ответы в формате .json в формате ключ-значение, соответствующие случайно сгенерированному ключу. Модели были запрошены с использованием температуры = 0.1, каждый запрос на генерацию был повторен три раза. Для этой цели был использован Python с библиотеками httpx, gigachat и replicate .

Ответы моделей были записаны, форматирование .json было исправлено с помощью библиотеки json-repair. Ответы на вопросы с выбором из нескольких вариантов сравнивались построчно с эталонными ответами, сгенерированными человеком, а ответы на открытые вопросы сравнивались с использованием модели GPT-4- Turbo, которая была проинструктирована оценить, были ли ответы «в основном схожи по смыслу» или нет.

Диалоговые данные, прошедшие анализ, включают 459 уникальных диалогов обслуживания клиентов. Диалоги происходят из различных бизнес-доменов, как показано в таблице 1. Список доменов является выборкой удобства. Для каждого домена анализируемые диалоги были случайно выбраны из более крупных наборов данных.

Таблица 1. Обзор анализированных данных

№	Сектор	Размер выборки	Размер набора данных	Описание сектора	Звонящий	Ответчик
1	Клиника	109	10239	Сеть медицинских клиник	Клиент	Оператор поддержки
2	Автосалон	100	800	Автосалон подержанных авто	Клиент	Продавец
3	Розничная торговля	103	2000	Сеть магазинов напитков	Сотрудник магазина	Техническая поддержка
4	Аптека	147	12133	Сеть аптек	Клиент	Оператор поддержки

Всего было проанализировано 77175 ответов по 4 секторам, 6 моделям и 3 попыткам. Сводка результатов моделей по задачам представлена на рисунке.

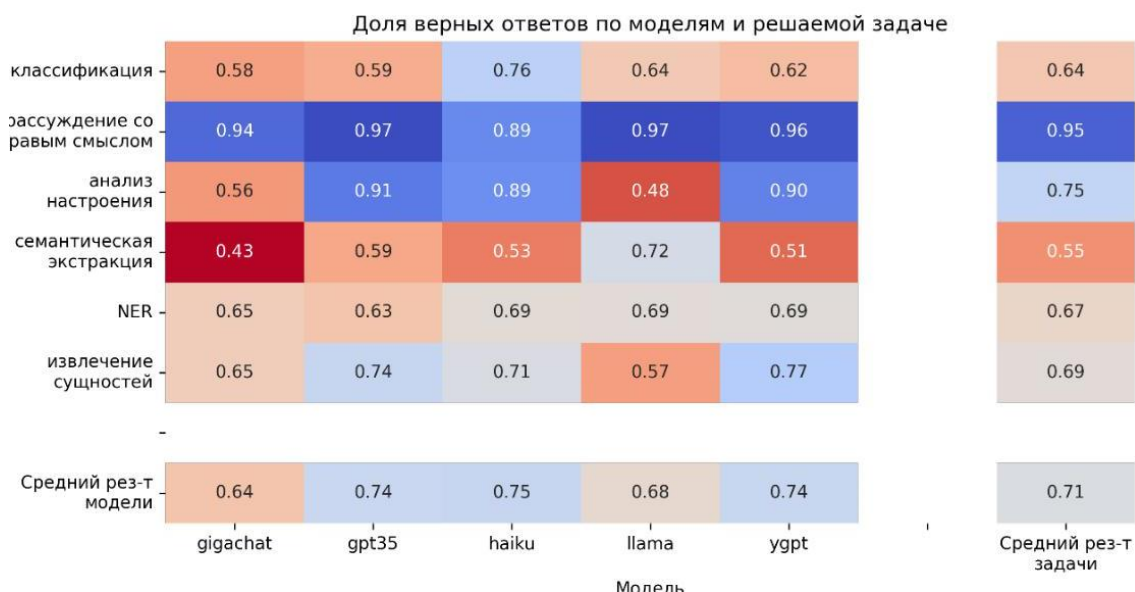


Рисунок. Матрица совпадений ответов с эталоном по моделям и решаемым задачам

Сгенерированный набор данных был проанализирован для проверки 3 гипотез:

Гипотеза 1. Таблица лидеров LLM в диалоговой аналитике выглядит следующим образом: haiku, gpt35, llama, ygpt, gigachat. Мы проверили все модели, используя усредненный процент правильных ответов с помощью парного теста Тьюки (при $\alpha = 0.05$) и получили таблицу лидеров, показанную на таблице 2.

Таблица 2. Результаты попарного теста Тьюки

Название модели	Псевдоним	Победы	Поражения	Ничьи	Очки
Claude 3 Haiku	haiku	3	0	1	3
GPT-3.5-turbo	gpt35	2	0	0	2
Llama 3 70B	llama	2	1	1	1
YandexGPT Pro	ygpt	1	3	0	-2
GigaChat Pro	gigachat	4	0	0	-4

Согласно результату попарного теста Тьюки в числе побед, гипотеза 1 поддержана.

Гипотеза 2. Бизнес-домен диалога не влияет на качество ответов. Мы попытались использовать дисперсионный анализ и тест Крускала-Уоллиса. ϵ^2 и η^2 показывают, что бизнес-домен объясняет от 5% (gpt35) до 15% (gigachat) правильных ответов для данного диалога, т.е. гипотеза неверна.

Гипотеза 3. Длина диалога не влияет на качество ответа.

Мы проверили связь между процентом правильно отвеченных вопросов и длиной диалога, измеренной по количеству реплик, количеству слов, длине аудио в секундах с использованием D Хеффдинга в пакете R independence. При $\alpha = 0.05$ мы показываем, что Ну (отсутствие связи) должна быть поддержана в любых группировках по модели, по сектору или по зависимой переменной, т.е. гипотеза верна.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

Хотя LLM испытывают трудности при решении многих классических задач обработки естественного языка, они успешно справляются с классификацией по нечеткой логике, и некоторые модели демонстрируют превосходные результаты в классификации проблем, анализе настроений и семантическом извлечении с минимальным влиянием бизнес-домена и длины диалога на качество результатов. Эти данные предлагают первые направления для промышленного использования LLM в аналитике диалогов, а также указывают на проблемы, которые необходимо более глубоко исследовать для масштабного внедрения LLM.

Список использованных источников

1. Finch S.E., Paek E.S., Choi J.D. Leveraging large language models for automated dialogue analysis // arXiv preprint arXiv:2309.06490. 2023.
2. Ma Z. [и др.]. Leveraging speech ptm, text llm, and emotional tts for speech emotion recognition IEEE. – 2024. – Pp. 11146–11150.
3. Zhang C. [и др.]. A comprehensive analysis of the effectiveness of large language models as automatic dialogue evaluators. – 2024. – Pp. 19515–19524.

Выпускник

Дмитриева Валерия Денисовна

факультет технологического менеджмента и инноваций

e-mail: valeria1612@bk.ru

Научный руководитель

Янова Елена Алексеевна

к.э.н., доцент, доцент факультета технологического менеджмента и инноваций

e-mail: prof.yanova.ea@gmail.com

УДК 65.015.11

**ОПТИМИЗАЦИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ ОРГАНИЗАЦИИ
И ПРОВЕДЕНИЯ РАЗГОВОРНЫХ ЯЗЫКОВЫХ КЛУБОВ
В УНИВЕРСИТЕТАХ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЦИФРОВЫХ РЕШЕНИЙ**

Ключевые слова

Разговорный клуб, бизнес-процессы, университеты, цифровые решения, оптимизация бизнес-процессов.

Цели и задачи

Цель работы: сформировать комплекс цифровых решений, позволяющих оптимизировать бизнес–процессы организации и проведения разговорных языковых клубов в университетах на примере разговорного клуба университета ИТМО.

Задачи проекта:

- 1) изучить литературу, в которой отражена проблема исследования, изучить способы и методы описания и анализа бизнес–процессов компании;
- 2) выявить цифровые решения, которые на данный момент используются при организации и проведении разговорных языковых клубов;
- 3) проанализировать существующие бизнес–процессы организации и проведения разговорного языкового клуба на примере разговорного клуба ИТМО Speaking Club;
- 4) выявить узкие места в существующих бизнес–процессах клуба;
- 5) предложить комплекс цифровых решений, позволяющих частично или полностью устранить выявленные узкие места в проанализированных процессах.

Основная часть (методология, результаты)

В современном обществе актуальность и важность изучения иностранных языков не подвергается сомнению [1]. При этом изучение иностранного языка неразрывно связано с его применением на практике, а именно в диалоге. Разговорные клубы представляют собой современную форму дополнительного образования, где встречи проводятся в неофициальной атмосфере, способствуя раскрепощению учащихся, преодолению ими языкового барьера и

трудностей, возникающих в процессе освоения иностранных языков. Такая форма активности на данный момент получила широкое применение не только в рамках языковых школ, курсов и гражданских инициатив, но и в рамках внеаудиторной деятельности университета. Разговорные клубы - уже неотъемлемая часть образовательной среды, ведь уже во многих университетах существует разговорный клуб иностранного языка. Хотя разговорные клубы обладают большим количеством преимуществ, в рассмотренной литературе часто отмечалось, что клубы как явление имеют ряд недостатков, мешающих их дальнейшему развитию. Так, в статье «Исследование эффективности методики языкового разговорного клуба» подвергается сомнению эффективность разговорных языковых клубов в той форме, какую они имеют на сегодняшний день [2]. В статье отмечается, что по итогам проведенных опросов, при ответе на вопрос: «Желаете ли вы повторно посетить встречу разговорного клуба?» – 43% респондентов сомневаются в своем желании посещать встречи в дальнейшем, 8% опрошенных ответили на этот вопрос отрицательно [3]. Многие организаторы посчитали необходимым выбрать для себя онлайн-формат работы, и при этом столкнулись с новыми технологическими вызовами [4]. Хотя существует большое количество цифровых средств, оказывающих положительное влияние на преподавание и обучение иностранного языка, в сфере организации и проведения разговорных клубов иностранных языков готовых цифровых решений на данный момент не предлагается. Актуальность работы объясняется тем, что обеспечение оптимальных процессов организации и проведения разговорного клуба необходимо ИТМО для выполнения своей миссии и для поддержания лидирующих позиций университета, и в такой особенной сфере.

Для анализа ситуации в рассматриваемой предметной области была составлена таблица, содержащая статистику по наличию или отсутствию разговорных клубов в университетах города Санкт-Петербург. Было проведено разделение университетов по категориям в зависимости от специфики обучения. Было отмечено, что свой разговорный клуб есть у 40% университетов региона. Чаще всего разговорный клуб есть у университетов, имеющих техническую и экономическую направленность, а также у крупных учебных заведений, которые имеют большое количество направлений обучения. Объектом исследования является существующий разговорный клуб ИТМО Speaking Club. Предмет исследования - оптимизация бизнес-процессов организации и проведения разговорного клуба.

В рамках работы было необходимо провести исследование текущего состояния разговорного клуба, выявить факторы, влияющие на его деятельность, и предложить комплекс мер, направленных на оптимизацию существующих бизнес-процессов. Был проведен опрос участников клуба для выявления факторов, влияющих на их удовлетворенность деятельностью организации. Хотя большинство опрошенных в целом удовлетворены деятельностью клуба, основными преимуществами для них являются приятная атмосфера, удобство расположения, связь клуба с ИТМО. Нередко в качестве основного преимущества отмечалась и некоммерческая основа клуба. были выявлены факторы, негативно влияющие на удовлетворенность участников от взаимодействия с клубом. Организационные моменты, такие как: процесс регистрации на встречу, возможность оставить обратную связь, отсутствие напоминаний о встречах, процесс выбора темы встреч – все это по мнению опрошенных требует доработки и оптимизации.

Для оценки метрик эффективности был проведен дополнительный опрос участников сразу после очередной встречи клуба. Были использованы метрики оценки удовлетворенности участников клуба: индекс удовлетворенности пользователей Customer Satisfaction Score (CSAT), индекс потребительской лояльности – Net Promoter Score, индекс успешности продукта – Success Rate и коэффициент удержания пользователей – Retention Rate. Получившиеся значения метрик подтвердили необходимость внесения изменений в существующий формат взаимодействия.

Для анализа бизнес-процессов компании была построена модель «AS IS» бизнес-процессов клуба. Для построения моделей были использованы нотации BPMN и IDEF0. В

результате анализа процессов были выявлены узкие места, то есть проблемы, требующие решения.

На основании выявленных проблем был составлен реестр требований к автоматизации - основа для бизнес-требований к проекту цифрового решения. Для выбора оптимального цифрового решения, которое удовлетворяло бы потребностям как участников, так и организаторов клубов был проведен экспертный опрос. Были выявлены преимущества и недостатки используемых цифровых средств, основными недостатками оказалось отсутствие единого цифрового решения, отсутствие синхронизации сервисов, неудобный интерфейс.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

На основе проведенного анализа была выявлена необходимость в оптимизации существующих процессов с использованием цифровых средств. В качестве комплекса цифровых решений предлагается проект разработки Telegram-бота для ИТМО Speaking Club, который будет включать в себя функциональность, которой не хватает участникам и организаторам клубов, что было выявлено в результате проведенных исследований. Были составлены бизнес-требования, функциональные требования и системные требования к программе. Для составления функциональных требований были использованы сценарии для каждой из выделенных ролей пользователей. Для каждого сценария была составлена диаграмма вариантов использования – Use Case. Для оценки ожидаемых затрат проекта был составлен план проекта и Диаграмма Ганта, а также была проведена оценка необходимых трудозатрат проекта, составлена смета затрат. Для оценки ожидаемой эффективности проекта были рассчитаны новые значения метрик удовлетворенности пользователей.

По результатам оценки метрик был сделан вывод, что комплекс предлагаемых мер принесет разговорному клубу значительное увеличение качественных показателей, а также положительно скажется на удовлетворенности пользователей. На основе комплексного анализа деятельности ИТМО Speaking Club были выявлены узкие места процессов, составлен проект решения, удовлетворяющий потребностям выделенных групп пользователей. Предлагаемый к разработке бот содержит в себе необходимый функционал, упрощающий и ускоряющий формат взаимодействия с клубом, что положительно сказывается на рассмотренных в работе бизнес-процессах компании. Таким образом, цель и задачи работы выполнены.

В качестве дальнейших перспектив исследования предполагается проведение комплексного анализа деятельности Центра изучения иностранных языков университета ИТМО, на базе которого действует рассмотренный в работе разговорный клуб, для выявления узких мест процессов и разработки комплексного цифрового решения.

Список использованных источников

1. Lewis M. The lexical approach: The state of ELT and the way forward. Hove, Language Teaching Publications, 1993. – С. 202.
2. Шкуричева Т.В. Исследование эффективности методики языкового разговорного клуба // Лучшая научно–исследовательская работа 2018. – 2018. – С. 176–179.
3. Desmiyanti S.W., Sulistiyo U., Saudagar F. The role of english club in improving students speaking skills: a literature review // Proceeding 1st ICoLTE. – P. 47.
4. Внучкова Т.Н. Разговорный клуб в аспекте РКИ: реализация в условиях дистанционного обучения // Опыт и перспективы развития экспортного потенциала образовательных услуг в высшем образовании. – 2021. – С. 90–93.

Выпускник

Зубахин Дмитрий Сергеевич

факультет программной инженерии и компьютерной техники

e-mail: dmitryzubakhin@mail.ru

Научный руководитель

Быковский Сергей Вячеславович

к.т.н., доцент факультета программной инженерии и компьютерной техники

e-mail: sergei_bykovskii@itmo.ru

УДК 004.457

ПОРТИРУЕМЫЙ ФРЕЙМВОРК ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Ключевые слова

Процессор изображения, сенсор, описание структуры регистра, генерация кода, системный вызов, конфигурация встраиваемого оборудования.

Цели и задачи

Цель состоит в уменьшении трудоемкости создания платформо-зависимой части программного обеспечения для аппаратных блоков цифровой обработки изображений в составе СнК. Решаемые задачи: 1. Составление словаря основных регистров, контролирующих сенсор и процессор изображения. 2. Разработка правил описания карты регистров. 3. Разработка генератора кода для работы с регистрами. 4. Реализация и тестирование прототипа фреймворка.

Основная часть (методология, результаты)

В рамках работы был описан процесс итеративной разработки фреймворка цифровой обработки изображений [1]. Во время разработки платформо-зависимой части (кода, написанного специально для конкретного оборудования) была выдвинута концепция - использовать описание карты регистров оборудования, чтобы отделить написание кода для работы с платформой от реализации платформы. При таком подходе добавляется модуль генерации основных сущностей части.

Далее был предложен набор правил для описания карты регистров. Предполагается использовать заранее определённые лексемы для описания регистров. При таком подходе все регистры, относящиеся к поддерживаемому в платформо-независимой части блоку обработки изображения, будут одинаково названы в описании. Сделано это для того, чтобы символы, соответствующие структурам поддерживаемых регистров, нашлись при линковке с платформо-независимой частью.

Была проведена работа по выбору лучшего способа описания карты регистров. Был разработан прототип собственного DSL [2]. Но, после анализа сценариев использования, был выбран язык JSON. Как поддерживаемый и популярный язык описания данных.

Был разработан генератор кода, поддерживающий возможность добавления функции генерации под системный язык отличный от C++ и C. Его структура поделена на 4 части: 1. Интерфейсы генератора кода (единица кодогенерации, представления модели генерации, сущность для отрисовки моделей). 2. Базовые классы, реализующие логику, не ассоциированную с семантикой единицы трансляции. 3. Модели синтаксиса, представленные наследниками базового класса для единиц трансляции. 4. Слой, определяющий правила отрисовки компонента для системного языка. Также был создан отдельный компонент, содержащий заготовки моделей генерации кода.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В результате работы:

1. В маршруте проектирования системы удалось избавиться от модулей содержащих описание структур регистров аппаратных блоков и операций над ними, включая операции в модуле ядра.

2. Добавление поддержки блока Color Processing уменьшилось с 40 минут до ~0.87 с на время работы программы.

В дальнейшей работе планируется добавление поддержки мета-языка описания абстрактного синтаксического дерева на C++ для того, чтобы расширить возможности генерации и ускорить добавление поддержки системных языков.

Список использованных источников

1. Battiato S., Messina G., Puglisi G. Image Processing for Embedded Devices. – Bentham Books, 2010. DOI: 10.2174/97816080517001100101.
2. Karsai G., Krahn H., Pinkernell C. Design Guidelines for Domain Specific Languages. – Proceedings of the 9th OOPSLA Workshop on Domain-Specific Modeling (DSM' 09) Helsinki School of Economics. TR no B-108. Orlando, Florida, USA, October 2009. arXiv:1409.2378.

Выпускник

Зуев Даниил Леонидович

факультет программной инженерии и компьютерной техники

e-mail: Danjaa2014@yandex.ru

Научный руководитель

Смолин Артем Александрович

к.филос.н., доцент факультета программной инженерии и компьютерной техники

e-mail: smolin@itmo.ru

УДК 004.92

РАЗРАБОТКА ЛОКАЦИИ СМЕШАННОЙ РЕАЛЬНОСТИ «ГЕЛИОС»

Ключевые слова

Смешанная реальность, виртуальная локация, Unreal Engine, 3D моделирование, трекинг камеры.

Цели и задачи

Целью работы является разработка виртуальной локации на движке Unreal Engine, служащей фоном для актёров при съёмке демонстрационного ролика с использованием технологий смешанной реальности. Задачи включают: разработку концепции виртуальной локации; практическую реализацию виртуальной локации с использованием инструментов и технологий Unreal Engine [2]. Тестирование и оптимизацию разработанной локации для условий реальной съёмки.

Основная часть (методология, результаты)

В работе использованы библиотеки и инструменты Unreal Engine для создания и рендеринга виртуальной локации в реальном времени. Применялись методы фотограмметрии для моделирования природных объектов и архитектурных элементов. В качестве основных инструментов использовались Blender [1]. Для моделирования и оптимизации ассетов, а также Quixel Bridge для импорта высококачественных 3D-ресурсов. Проведены тесты с использованием системы трекинга MoSys Star Tracker для обеспечения синхронизации виртуальной и реальной камер.

Создание локации включало несколько ключевых этапов. На первом этапе проводился анализ аналогов и сбор референсов для создания уникальной концепции. Затем, с помощью Blender, были оптимизированы 3D-модели объектов, таких как скалы, растения и архитектурные элементы. Эти модели были импортированы в Unreal Engine, где была построена финальная сцена. Особое внимание уделялось настройке освещения и материалов, что позволило достичь высокого уровня фотореализма. Для обеспечения интерактивности и

динамичности сцены применялись различные технологии, такие как динамическое освещение и системы частиц. Была проведена оптимизация сцены для обеспечения стабильного фреймрейта при высоком разрешении, что особенно важно для использования в условиях реальной съемки. Тестирование проводилось на оборудовании студии, включая LED-экраны и системы трекинга, что позволило точно синхронизировать виртуальную и реальную камеры. В результате работы была создана высоко детализированная и интерактивная виртуальная локация, которая может использоваться для различных задач в кинопроизводстве и рекламе.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

Тесты показали эффективность использования Unreal Engine и сопутствующих инструментов для создания фотореалистичных виртуальных локаций.

В дальнейшем планируется расширение проекта с применением дополнительных технологий виртуальной и дополненной реальности, а также разработка новых сценариев использования виртуальных локаций в кинопроизводстве и рекламе.

Список использованных источников

1. Blender Documentation. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: docs.blender.org/ (дата обращения: 20.12.2023).
2. Unreal Engine 5 Documentation. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://dev.epicgames.com/documentation/en-us/unreal-engine/unreal-engine-5-0-documentation?application_version=5.0 (дата обращения: 22.12.2023).

Выпускник

Калакуцкая Елизавета Сергеевна

факультет технологического менеджмента и инноваций

e-mail: eskalakutskaya@itmo.ru

Научный руководитель

Гаврилюк Елена Сергеевна

к.э.н., доцент факультета технологического менеджмента и инноваций

e-mail: gavrilyukes@itmo.ru

УДК 338.28

**ВНЕДРЕНИЕ КОГНИТИВНЫХ И НЕЙРОТЕХНОЛОГИЙ
ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ
В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ КОРПОРАЦИЯХ**

Работа выполнена в рамках темы НИР №623109 «Университет как платформа для экосистемы воспроизводства человеческого капитала: концепция управления».

Ключевые слова

Образовательные корпорации, когнитивные технологии, нейротехнологии, принятие решений, повышение эффективности.

Цели и задачи

Современная образовательная сфера характеризуется сложными и динамичными процессами принятия решений. Чтобы оставаться конкурентоспособными, образовательным корпорациям требуются эффективные инструменты для оптимизации бизнес-процессов. Когнитивные и нейротехнологии представляют собой перспективный подход к решению этой задачи. Они позволяют анализировать данные и принимать решения в условиях неопределенности. Цель данной работы — разработать план внедрения когнитивных и нейротехнологий в образовательные корпорации с целью повышения эффективности принятия решений. Для этого необходимо решить следующие задачи: провести анализ рынка, оценить готовность объекта исследования и спланировать организацию и ресурсное обеспечение внедрения новых технологий.

Основная часть (методология, результаты)

Для повышения эффективности принятия решений в Университете ИТМО был разработан проект внедрения когнитивных и нейротехнологий. В 2023 году объем мирового

рынка когнитивных вычислений достиг 39,90 миллиарда долларов США, и ожидается, что к 2033 году он увеличится до 314,97 миллиарда долларов США [1]. В 2022 году объем мирового рынка нанотехнологий был оценен в 12,82 млрд долларов США, и ожидается, что к 2032 году он достигнет 38,17 млрд долларов США при среднегодовых темпах роста в 11,53% за период с 2023 по 2032 год [2].

Проведенный анализ рынка и кейсов показал, что когнитивные и нейротехнологии являются перспективной областью и могут быть успешно использованы для решения различных проблем в бизнес-процессах и повышения эффективности принимаемых решений.

Для оценки готовности Университета ИТМО к внедрению когнитивных и нейротехнологий была использована методика Капустина, которая показала, что Университет ИТМО готов к изменениям и способен самостоятельно разрабатывать и внедрять планы изменений и инноваций с помощью опытных консультантов. Опросы среди сотрудников, студентов и преподавателей показали, что у ИТМО есть потребность в трансформации своих процессов, а проблемные интервью с экспертами смогли помочь выявить ключевые проблемы в процессах и возможности для внедрения когнитивных и нейротехнологий в них. По итогам проведенной экспертизы было выявлено, что Университет ИТМО готов к внедрению новых технологий и имеет достаточно ресурсов. Составленная совместно с экспертами матрица решений и проведенная интегральная оценка технологий помогли выявить наиболее подходящие технологии для внедрения в Университет ИТМО.

Далее фокус работы был сужен до образовательного процесса и планировалось внедрение когнитивных и нейротехнологий в образовательный процесс сотрудников Университета ИТМО.

Для внедрения была выбрана российская технология Neuro Angel, направленная на повышение продуктивности и вовлеченности персонала с помощью регулирования психоэмоционального состояния и подбора персонализированных программ обучения [3].

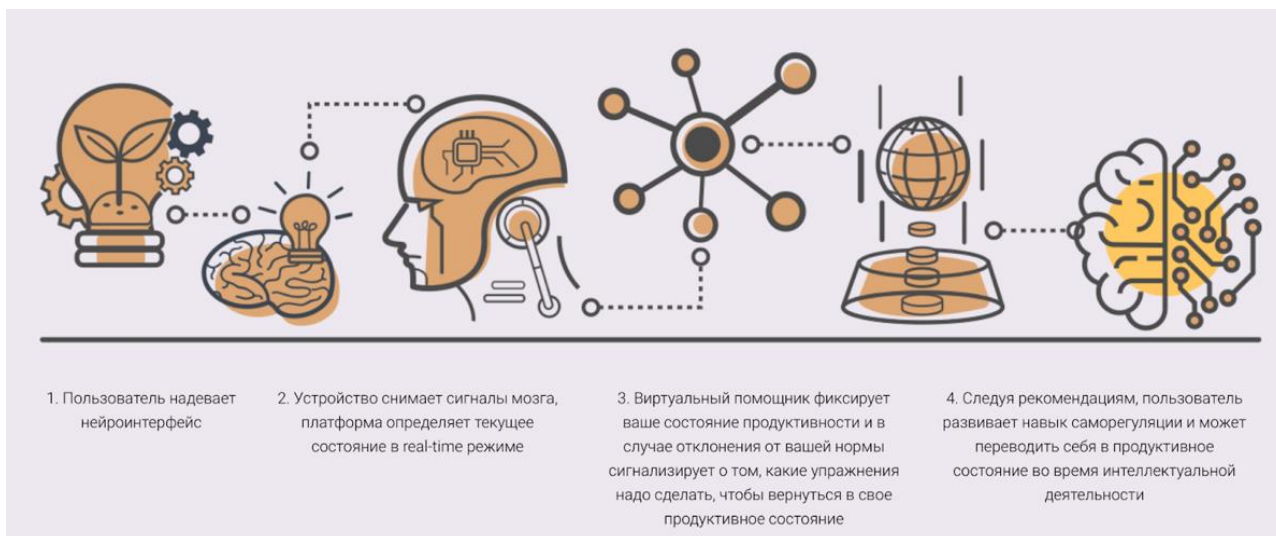


Рисунок. Процесс работы технологии Neuro Angel

Разработанная совместно с экспертами из департамента по работе с сотрудниками дорожная карта проекта указывает на потенциальные положительные эффекты и показывает возможные улучшения в работе корпорации. Была составлена Диаграмма Ганта для демонстрации процесса внедрения технологии, а также посчитаны все необходимые затраты на внедрение. После оценки предположительных эффектов была создана процессная модель до и после внедрения технологии, на основе которой был сделан вывод, что технология действительно сможет повысить эффективность обучения персонала, поднять мотивацию сотрудников и улучшить их работоспособность.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В ходе работы был составлен план внедрения технологии Neuro Angel для повышения эффективности образовательных решений для сотрудников. Составленная процессная модель до и после внедрения описанной технологии подтвердила эффективность использования Neuro Angel с целью повышения продуктивности персонала и вовлечение сотрудников в образовательный процесс для достижения максимально положительного результата от обучения.

В дальнейшей работе планируется разработать план внедрения когнитивных и нейротехнологий в другие процессы образовательной корпорации, такие как управленческий, научно-исследовательский и инновационный, а также посчитать экономические эффекты от использования таких технологий.

Список использованных источников

1. Cognitive Computing Market. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.precedenceresearch.com/cognitive-computing-market> (дата обращения: 19.04.2024).
2. Neurotechnology Market. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.precedenceresearch.com/neurotechnology-market> (дата обращения: 19.04.2024)
3. Neuro Angel - Нейротехнологическая платформа повышения продуктивности интеллектуальной деятельности человека и команд. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://neuroangel.ru/#rec145141949> (дата обращения: 22.11.2023).

Выпускник

Ковыляев Иван Сергеевич

образовательный центр "Энергоэффективные инженерные системы"
e-mail: mail@ikovulyaev.com

Научный руководитель

Кораблев Владимир Антонович

старший научный сотрудник, к.т.н., доцент образовательного центра "Энергоэффективные инженерные системы"
e-mail: kvant1953@gmail.com

УДК 621.37

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА ЭЛЕКТРОННОГО ПРИБОРА
В ГЕРМЕТИЧНОМ ИСПОЛНЕНИИ**

Ключевые слова

Гофрированная стенка, теплообмен, оребрение, формула Эленбаса, герметичный корпус, радиоэлектронная аппаратура.

Цели и задачи

Цель работы: провести расчеты результирующего теплового потока через гофрированную стенку при разных средах внутри корпуса посредством теплового и математического моделирования.

Задачи:

1. Провести обзор по конструкциям электронных приборов в герметичном исполнении, методам расчета свободно-конвективного и лучистого теплообмена и требованиям по тепловому режиму радиоэлектронной аппаратуры.
2. Предложить конструкцию корпуса электронного прибора с повышенной теплорассеивающей способностью.
3. Разработать тепловую и математическую модели электронного прибора в герметичном исполнении с гофрированными стенками.
4. Произвести расчеты теплового режима электронного прибора с различными теплоносителями.
5. Разработать рекомендации по улучшению теплового режима прибора.

Основная часть (методология, результаты)

Современная радиоаппаратура предъявляет повышенные требования к надежности, которая зависит от температурного режима. Для эксплуатации в различных условиях внешней среды может применяться герметичные корпуса радиоэлектронной аппаратуры. Такой тип

корпуса обладает следующими преимуществами: возможность работы в любых условиях окружающей среды; повышенная надежность аппаратуры; возможность использования любой среды внутри.

Для улучшения теплоотвода применяется оребрение [1]. Однако данное решение обладает рядом недостатков: повышенная материалоемкость и трудозатраты, повышенная масса. Для устранения данных недостатков можно применить следующее решение: гофрированная стенка (рис. 1). Такое решение позволяет увеличить мощность теплоотвода за счет увеличения внутренней площади теплообмена.

Важное отличие гофрированной стенки от используемого в данный момент оребрения – более развитая внутренняя поверхность. Использование предлагаемого решения позволяет снизить массу корпуса, уменьшить габариты корпуса, либо увеличить мощность теплоотвода при тех же габаритах. Помимо этого, использование гофрированной стенки позволит упростить технологический процесс изготовления корпусов радиоэлектронной аппаратуры, а также снизить трудозатраты и ускорить процесс производства.

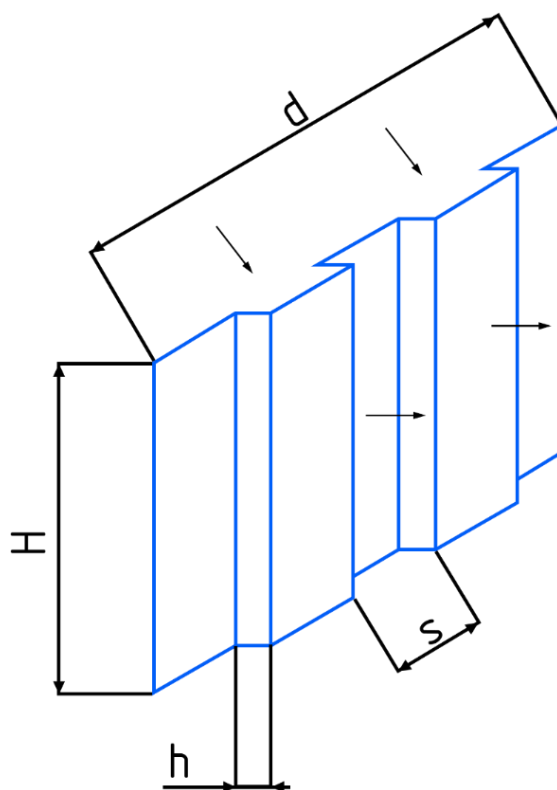


Рис. 1. Тепловая модель гофрированного корпуса шкафа РЭА. Обозначения: L – высота поверхности теплообмена, d – ширина поверхности теплообмена, h – высота ребра, s – шаг ребра

Свободноконвективные составляющие рассчитываются по формулам для параллельных пластин с вертикальными основаниями [2]. Соответственно, для расчета расстояния между гофрами применяется формула Элленбаса

$$Nu = \frac{1}{24} \cdot \frac{s}{L} \cdot Ra \left[1 - \exp\left(\frac{-35}{s} \cdot Ra\right) \right]^{\frac{3}{4}}, \quad (1)$$

где s – расстояние между стенками канала, м; Ra – число Рэлея; L – определяющий размер, м.

Из формулы 1 можно получить оптимальное расстояние между гофрами по формуле

$$s_{\text{опт}} = \sqrt[4]{\frac{46 \cdot \nu_c^2 \cdot L}{\beta \cdot \theta_{к-с} \cdot Pr \cdot g}}, \quad (2)$$

где β – коэффициент объемного расширения воздуха, вычисляется как величина, обратная абсолютной температуре воздуха; $\theta_{в-к}$ – перепад температур между воздухом внутри шкафа РЭА и его корпусом, [K]; Pr – число Прандтля.

Формула 2 позволяет рассчитать оптимальное расстояние для любой среды и любого размера корпуса. По ГОСТ 10985-80 «Шкафы, щиты, ящики металлические» [3] высота шкафов радиоэлектронной аппаратуры лежит в диапазоне от 800 до 2400 миллиметров, ширина передней стенки от 800 до 1200 миллиметров. Для воздушной среды внутри и снаружи корпуса оптимальное расстояние между гофрами находится в диапазоне от 12,4 до 16,3 миллиметров. Соответственно, оптимальное расстояние для всех размеров шкафов по ГОСТ 10985-80 составляет 15 миллиметров.

Использование расстояния меньше 10 миллиметров негативно скажется на конвективном теплообмене [4]. Однако, увеличение расстояния между ребрами также негативно сказывается на конвективном и лучистом теплообмене из-за уменьшения площади теплообмена.

Для шкафов по ГОСТ 10985-80 результирующий тепловой поток будет лежать в диапазоне от 298 до 2050 Ватт для глубины гофры в 50 миллиметров. При уменьшении глубины гофры снижается тепловой поток, который может быть отведен от гофрированной стенки. При увеличении глубины гофры от 0 до 50 миллиметров результирующий тепловой поток может быть увеличен в 4 раза. Глубина гофры в корпусах радиоэлектронной аппаратуры зависит от геометрических параметров конструкции и мощности оборудования внутри корпуса.

Расстояние между гофрами в 15 миллиметров рассчитано для воздушной среды при нормальных условиях. В случае использования другой среды внутри корпуса следует рассчитать данное расстояние для условий внутри и снаружи корпуса при заданных условиях, и выбрать наибольшее из полученных значений.

Применение гофрированной стенки позволяет улучшить теплоотдачу стенки на величину от 30 до 74 процентов [5]. Среди возможного способа повышения мощности теплоотдачи от гофрированной стенки может стать использование шагопеременной гофры. В таком корпусе каналы внутри имеют меньший шаг по сравнению с внешними каналами (рис. 2). Прирост мощности такой стенки по сравнению с гофрой, рассмотренной в данной работе, составляет от 30 до 50 процентов по предварительным оценкам.

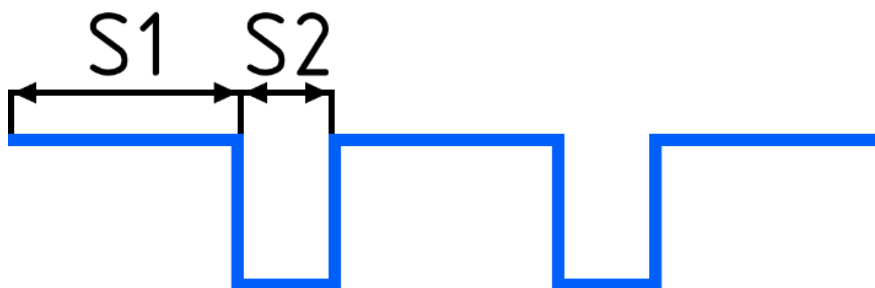


Рис. 2. Вид шагопеременной гофры сверху

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В результате работы были получены оптимальные расстояния между гофрами для герметичного корпуса радиоэлектронного корпуса. Наиболее оптимальным расстоянием для воздушной среды при нормальных условиях является 15 миллиметров. При использовании другой среды как снаружи, так и внутри корпуса следует выполнить расчет расстояния по формуле (2) для каждой среды и выбрать наибольшее. Для улучшения теплофизических параметров гофрированной стенки при применении другой среды внутри корпуса можно применить шагопеременную гофрированную стенку.

Список использованных источников

1. Роткоп Л.Л., Спокойный Ю.Е. Обеспечение тепловых режимов при конструировании радиоэлектронной аппаратуры. Москва: Советское радио, 1976. – 230 с.
2. Павлова А.Д. Особенности процессов теплообмена в радиоэлектронных аппаратах в герметичном исполнении: дис. канд. техн. наук : 11.08.05 / Павлова Анастасия Дамировна ; науч. рук. В. А. Кораблев; СПбГУИТМО. – Санкт-Петербург, 2011. – 113 с.
3. ГОСТ Р 10985—80. Уровни разукрупнения радиоэлектронных средств: национальный стандарт СССР : дата введения 1981-01-01 / Госстандарт СССР. – Изд. официальное. – Москва, 1985. – 7 с.
4. Дульнев Г.Н., Семяшкин Э.М. Теплообмен в радиоэлектронных аппаратах. Ленинград: Энергия, 1968. – 359 с.
5. Паксилев Е.И. Тепловой режим радиоэлектронного прибора / Паксилев Е.И. — Санкт-Петербург: Национальный исследовательский университет ИТМО, 2021. – 59 с.

Выпускник

Козлов Иван Дмитриевич

факультет инфокоммуникационных технологий
e-mail: ivan.kozloov@yandex.ru

Научный руководитель

Хлопотов Максим Валерьевич

к.т.н., доцент факультета инфокоммуникационных технологий
e-mail: khlopotov@itmo.ru

УДК 004.89

РАЗРАБОТКА МИКРОСЕРВИСОВ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ ТОВАРОВ В ОНЛАЙН-МАГАЗИНАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Ключевые слова

CV, компьютерное зрение, сегментация, Python, PyTorch, маркетплейсы, анализ данных, классификация, нейронные сети.

Цели и задачи

Актуальность исследования обусловлена активным развитием интернет-торговли и важной ролью маркетплейсов. Согласно исследованию «Tinkoff Data», в 2023 году продажи через маркетплейсы увеличились: объем трат и количество транзакций выросли на 63% по сравнению с предыдущим годом [1]. При этом растет и число продавцов на маркетплейсах, но не все умеют создавать качественные фотографии товаров. В результате, несмотря на инструкции от владельцев маркетплейсов, плохо оформленные фотографии попадают в онлайн-магазины. Поэтому важно разработать интеллектуальное веб-приложение для улучшения фотографий товаров, что улучшит пользовательский опыт, повысит конкурентоспособность магазинов и оптимизирует онлайн-продажи. Цель работы – создание и интеграция микросервисов для сегментации, генерации и классификации изображений, обеспечивающих высокую точность и производительность.

Основная часть (методология, результаты)

Модели нейронных сетей для классификации изображений. Существует множество моделей нейронных сетей для классификации изображений, включая AlexNet [2], VGG [3], ResNet [3] и VisionTransformer [4]. AlexNet, разработанная в 2012 году, совершила прорыв в области распознавания изображений. А современные модели, такие как VisionTransformer, предлагают более высокую точность и эффективность благодаря использованию трансформерных архитектур.

Модели для сегментации объектов на фотографиях. Для сегментации объектов на фотографиях используются модели, такие как U-Net [5], Mask R-CNN [6] и Segment Anything Model (SAM) [7]. U-Net применяется в медицинской визуализации, Mask R-CNN выделяет маски для объектов на изображениях, а SAM, основанная на Vision Transformer, обеспечивает высокую точность и гибкость сегментации. SAM стала доступной в апреле 2023 года, у этой модели можно формировать промпт запросы к изображению: выделить ограничительную рамку, поставить точку или применить автосегментацию к изображению.

Модели для генерации фотографий по текстовому описанию. Существует множество моделей для генерации фотографий по текстовому описанию, включая Midjourney [8], Stable Diffusion [9] и Kandinsky [10]. Для данной работы была выбрана модель Kandinsky благодаря её открытому доступу, возможности выбора стиля и разрешения изображения, а также наличию открытого API.

Технологии. Для реализации данного веб-приложения были выбраны следующие методы и технологии:

- для запуска микросервисов выбран фреймворк FastAPI;
- для обучения и запуска готовых нейронных сетей выбран фреймворк PyTorch;
- для отслеживания экспериментов обучения нейронных выбрано приложение MLflow;
- для создание графического интерфейса выбран фреймворк Vue.js.

Данные для обучения классификатора. Для обучения моделей использовались данные, предоставленные на хакатоне «AI Generative Product Hackathon» [11] от «Яндекс.Маркет». В набор данных около 1 миллиона размеченных изображений товаров, классифицированных по следующим категориям:

- хорошая инфографика – качественное изображение с понятной и информативной характеристикой товара;
- плохая инфографика – текст без визуального оформления, сложные термины или символы, только иностранный язык;
- фото без инфографики с хорошим однотонным фоном;
- фото без инфографики с хорошим интерьерным фоном;
- фото без инфографики с плохим фоном;
- фото с другими типами инфографики;
- фото, не относящиеся к категории товаров без инфографики.

Эти данные позволили создать разнообразный и сбалансированный набор для обучения и тестирования моделей. Распределение классов в наборе данных было неравномерным, что потребовало специальных подходов для балансировки данных при обучении.

Обучение классификатора. Используя модель VisionTransformer, классификатор оценивает наличие инфографики, качество инфографии и качество фона на фотографиях. Для обучения модели использовались функции потерь кросс-энтропия и алгоритм оптимизации AdamW. Модель была обучена на сбалансированном наборе данных, что позволило достичь высокой точности. На рис. 1 представлены метрики для тестовой выборки в рамках каждой задачи. Обозначения для задачи наличия инфографики: 0 – «На фото нет инфографики», 1 – «На фото есть инфографика». Для задачи определения качества фона: 0 – «На фото хороший фон», 1 – «На фото плохой фон», 2 – «На фото интерьерный фон». Для задачи определения качества инфографики: 0 – «На фото плохая инфографика», 1 – «На фото хорошая инфографика».

	precision	recall	f1-score	support
0.0	0.94	0.97	0.96	2000
1.0	0.97	0.94	0.95	2000
accuracy			0.95	4000
macro avg	0.95	0.95	0.95	4000
weighted avg	0.95	0.95	0.95	4000

Рис. 1. Метрики для задачи обнаружения наличия инфографики

Как видно из тестов, accuracy для каждой модели более 0.8 – это неплохой результат. Хотя стремление достичь 0.95 все еще присутствует, но в условиях ограниченных ресурсов, это довольно трудно.

Разработка API к классификатору. API для классификации изображений был разработан с использованием FastAPI. Этот микрофреймворк позволяет быстро и эффективно создавать веб-сервисы. API предоставляет метод для загрузки изображений, необходимо передать ссылку на изображение для получения предсказаний по нескольким параметрам: наличие инфографики, тип инфографики и качество фона.

Микросервис для сегментации объектов. Для сегментации объектов на фотографиях была выбрана модель Segment Anything Model (SAM), основанная на архитектуре Vision Transformer. SAM обучалась на большом наборе данных и показала высокую точность сегментации. API для сегментации объектов был разработан с использованием FastAPI. Основные методы API:

- загрузка изображения и указание координат ограничительной рамки для сегментации;
- выполнение сегментации и возвращение сегментированного объекта в формате base64.

Микросервис для генерации фотографий. Для генерации фотографий по текстовому описанию была выбрана модель Kandinsky, предоставляющая возможности для генерации изображений в различных стилях и разрешениях. API для генерации изображений был также разработан на FastAPI. Основные методы API:

- генерация изображений по текстовому описанию и возвращение результата в формате base64;
- получение доступных стилей для генерации.

Для взаимодействия с микросервисами был разработан графический интерфейс на Vue.js, включающий компоненты для загрузки фотографий, сегментации объектов, генерации изображений и сохранения результатов. Пользователь может легко загружать фотографии, получать оценки и сегментировать объекты, а также генерировать и сохранять новые изображения с учетом заданных параметров. На рисунках 2–4 последовательная работа веб-приложения.

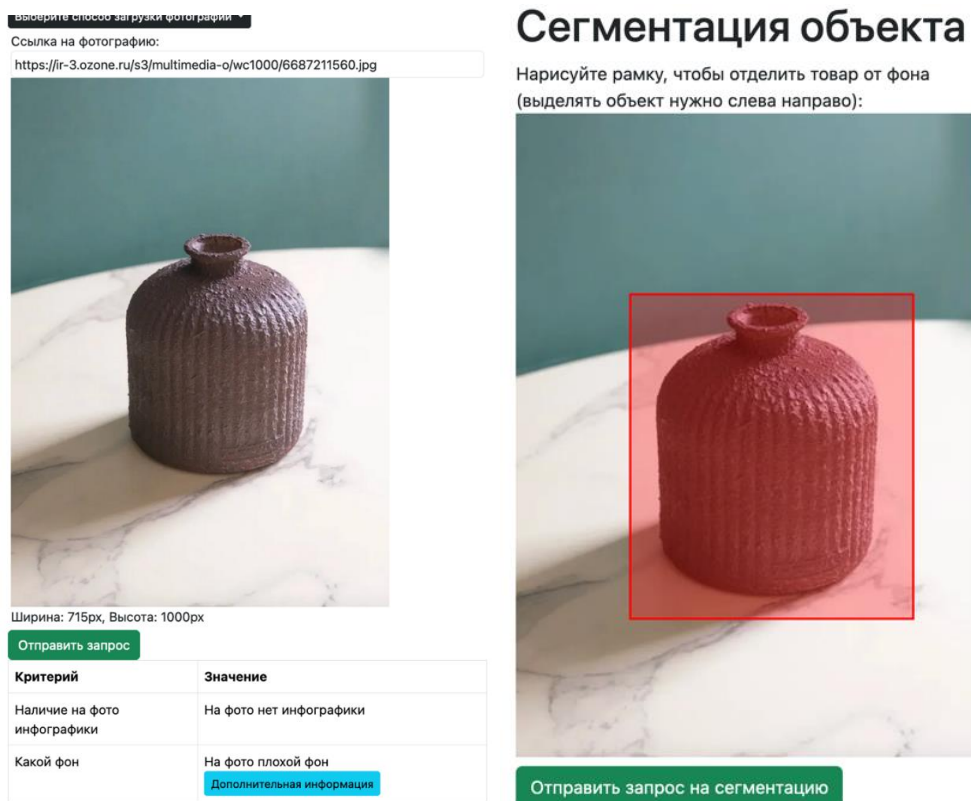


Рис. 2. Загруженная фотография и область для сегментации

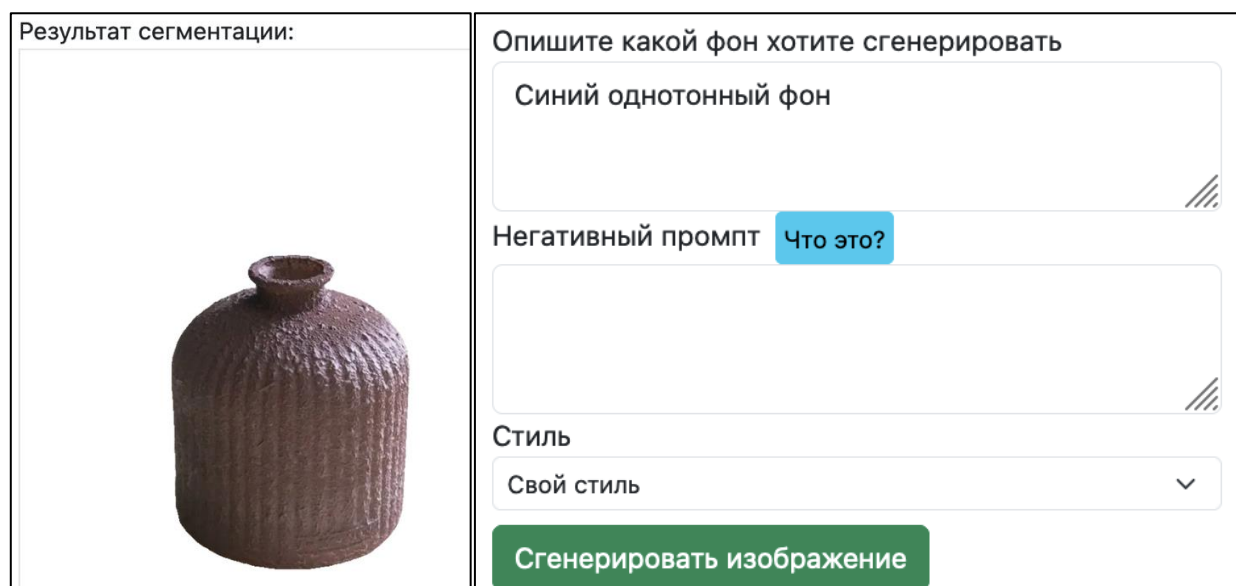


Рис. 3. Результат сегментации и заполненная форма для генерации фона

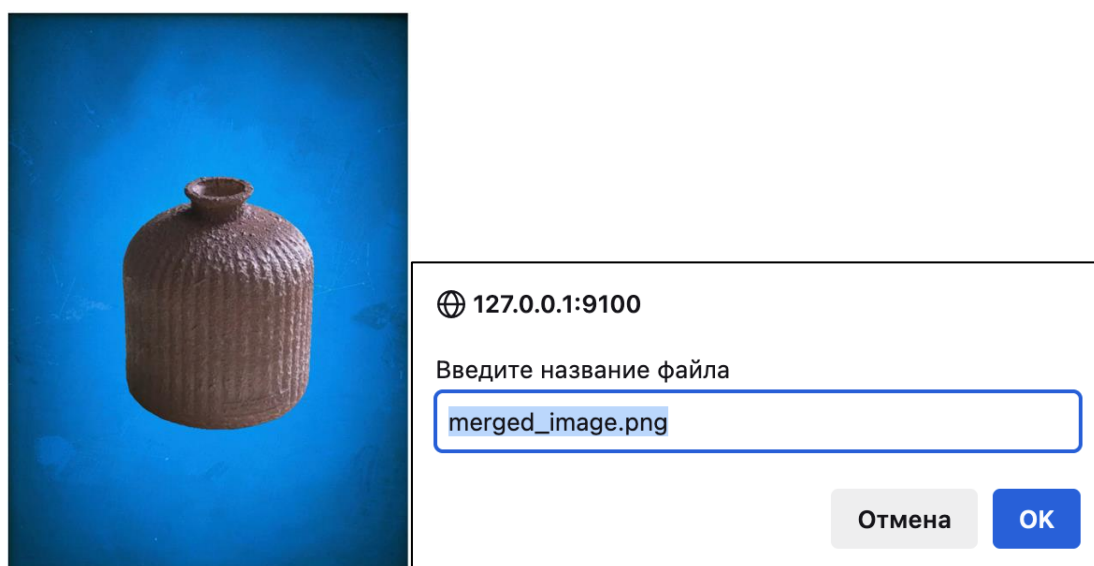


Рис. 4. Сгенерированный фон с сегментированным объектом и сохранение полученной фотографии

В ходе работы были разработаны и интегрированы микросервисы для улучшения изображений товаров, а также создан удобный графический интерфейс для взаимодействия с ними. Разработанные инструменты обеспечивают автоматизированный анализ изображений, высокую точность сегментации и возможность генерации фотографий по текстовому описанию, что значительно улучшает пользовательский опыт в интернет-магазинах. Планируется дальнейшее расширение функциональности микросервисов и интеграция дополнительных инструментов для редактирования изображений.

Список использованных источников

1. Итоги года на маркетплейсах. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.tinkoff.ru/about/news/29012024-marketplaces-year-results-number-of-purchases-increased-by-63-percent-in-2023/> (дата обращения 15.05.2024).

2. Very Deep Convolutional Networks for Large-Scale Image Recognition. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://arxiv.org/abs/1409.1556> (дата обращения: 15.05.2024).
3. Статья о RegNet. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://arxiv.org/abs/2003.13678> (дата обращения: 15.05.2024).
4. Статья о VisionTransformer. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://arxiv.org/abs/2010.11929> (дата обращения: 15.05.2024).
5. U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://arxiv.org/pdf/1505.04597.pdf> (дата обращения: 15.05.2024).
6. Mask R-CNN. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://arxiv.org/pdf/1703.06870.pdf> (дата обращения: 15.05.2024).
7. Segment Anything. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://arxiv.org/pdf/2304.02643.pdf> (дата обращения: 15.05.2024).
8. Документация midjourney. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.midjourney.com/> (дата обращения: 15.05.2024).
9. High-Resolution Image Synthesis with Latent Diffusion Models. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://arxiv.org/abs/2112.10752> (дата обращения: 15.05.2024).
10. Kandinsky. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.sberbank.com/promo/kandinsky/> (дата обращения: 15.05.2024).
11. Официальный сайт хакатона. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: ai-hackathon.gigaschool.ru/ (дата обращения: 15.05.2024).

Выпускник

Коноваленко Максим Павлович

факультет инфокоммуникационных технологий

e-mail: konovalenko.ii4elka@mail.ru

Научный руководитель

Добряков Давид Ильич

инженер, исследовательский центр в сфере искусственного интеллекта "Сильный искусственный интеллект в промышленности"

e-mail: david@itmo.ru

УДК 004

РАЗРАБОТКА КЛИЕНТСКОЙ ЧАСТИ ДЛЯ ВНУТРЕННЕЙ КОРПОРАТИВНОЙ СИСТЕМЫ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЦЕНТРА «СИЛЬНЫЙ ИИ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ»

Ключевые слова

Клиентская часть, система, интеграция, процесс, клиент-серверное взаимодействие, интерфейс, бизнес-процесс, разработка.

Цели и задачи

Разработка клиентской части для внутренней корпоративной системы позволит с помощью интерфейса выполнять функции клиент-серверного взаимодействия. Удобный способ взаимодействия с сервером избавляет пользователей от наличия технических знаний для работы в системе. Кроме того, во время разработки уделялось отдельное внимание тем аспектам, которые требовали дополнительной проработки, как: интеграция с внешней системой контроля и управления образовательным процессом (в тексте упоминается как LMS), интеграция с информационным порталом AIM.Club [1], составление и реализация различных тестов функционала

Основная часть (методология, результаты)

На данный момент в рассмотрении находится разработка клиентской части приложения для системы обеспечения управления и контроля образовательного процесса. Реализацию данного решения можно разбить на несколько логически важных этапов. Одним из основных этапов является интеграция и взаимодействие с другими приложениями корпоративной системы (AIM.club – основной демо сайт, доступный всем пользователям сети интернет, и LMS – наша командная разработка системы управления обучением для создания разного рода образовательных курсов). Так как доступ к системе ограничен, также необходимо реализовать процесс авторизации, который в свою очередь состоит еще из двух этапов: определения

возможности доступа субъекта в систему с помощью идентификации и аутентификации; одобрения или отклонения запроса на доступ через админ-панель.

Основным блоком реализации системы является написание самого личного кабинета с вышеописанными модулями (интеграция и авторизация). В личном кабинете платформы должны храниться сохраненные с основного сайта вебинары, курсы, статьи и образовательные программы. В личном кабинете пользователя должны отображаться различные показатели: процент выполнения курсов, баллы за пройденные уроки, сроки выполнения и результаты. За успешное прохождение программ и курсов должны присваиваться сертификаты.

Получение всех данных в системе будет осуществляться через REST API. Используемый стек технологий: TypeScript, React, Bootstrap, Redux toolkit, Redux thunk, axios, react-router-dom, storybook, jest, react-testing-library – для фронтенда.

Для данной разработки также был предусмотрен и спроектирован бизнес-процесс системы, который декомпозирует систему на отдельные модули. Схема бизнес-процесса представлена на рисунке 1.

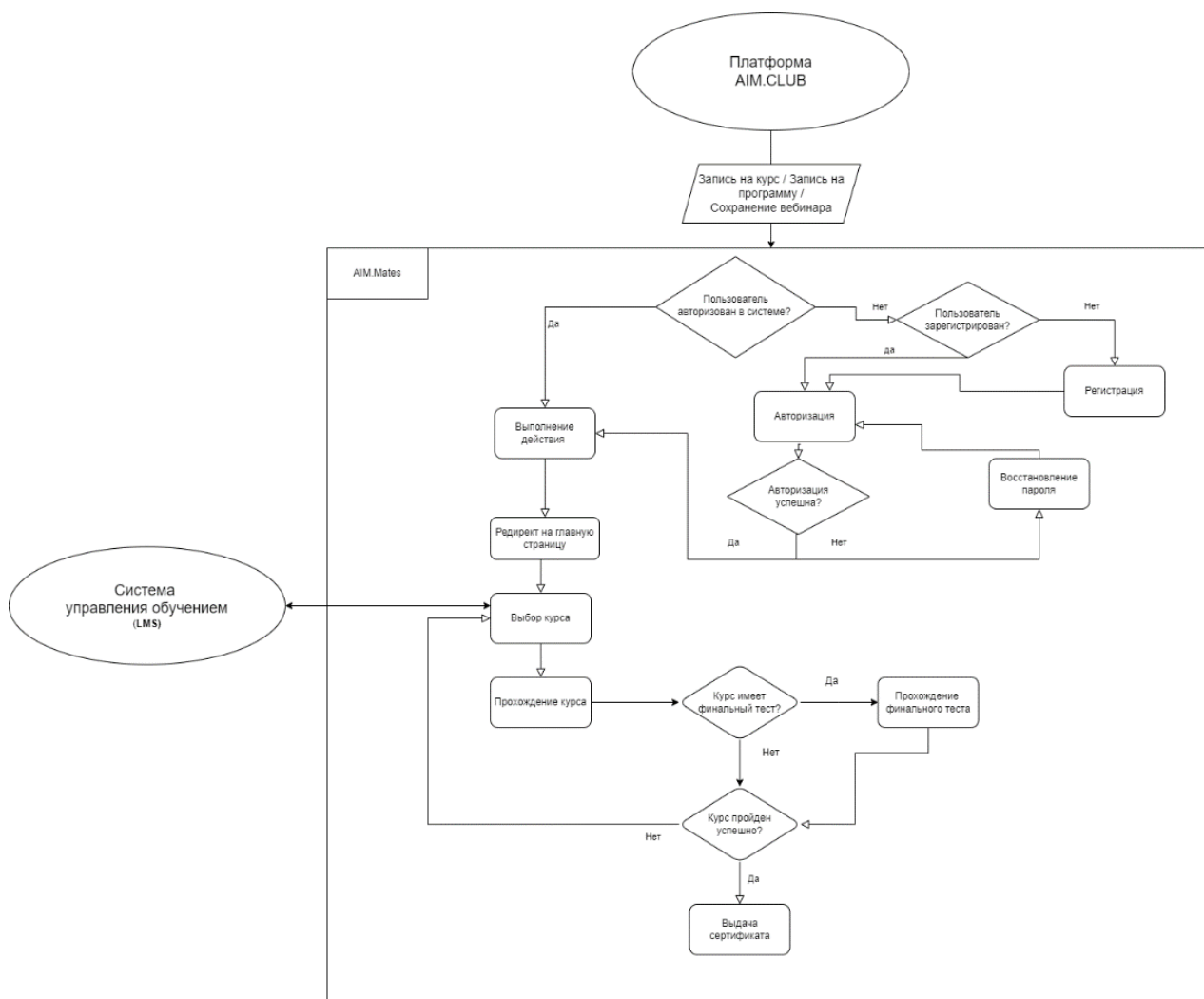


Рис. 1. Бизнес-процесс

В качестве архитектурной методологии была выбрана Feature Sliced Design [2]. Она объединяет в себе такие паттерны программирования как SOLID, DRY, KISS. Во многих проектах придерживаемся ее принципов, так как у нее достаточно понятная документация, она помогает структурировать весь код и избавляет от циклических зависимостей модулей, ведь каждая функциональность является изолированной.

Главная концепция методологии заключается в том, чтобы каждая фича имела собственную структуру и имела полную отвлеченность от других фич. По документации FSD говорится, чтобы модули определенного слоя не могли использоваться в том же слое или в слоях ниже по зоне ответственности. Использование элементов на слоях ниже противоречит методологии, так как из-за этого возникают кольцевые зависимости приложения.

После этого мы приступили к практической части работы. Сперва были спроектированы и реализованы модели системы, предусмотрена их связность. Этот процесс начался с создания основных сущностей, учитывая требования к функциональности и интерфейсу. Так как в проекте используется TypeScript со своей статической типизацией для улучшения производительности при написании кода, были созданы интерфейсы, типы, методы и функции для работы с данными.

Далее мы начали реализовывать интерфейс приложения на основании макетов. Изначально был создан UI-kit приложения, далее по иерархии более сложные компоненты и т. д., таким образом, были подготовлены статические страницы без данных с сервера.

Следом мы начали реализовывать клиент-серверное взаимодействие. Подключили библиотеку axios, связали экземпляр API со стейт менеджером [3], реализовали асинхронные функции для получения данных с сервера.

Для реализации интеграции с сервисом LMS (Learning Management System) сначала нужно разобраться в основных понятиях. LMS — это сервис, разработанный для создания структуры и контента курсов в формате графа. В AIM и LMS существуют отдельные базы данных пользователей, которые не взаимодействуют напрямую. LMS предоставляет API для запроса курсов, используя API-ключ, который хранится в переменных окружения. AIM использует этот ключ для получения курсов и отображает их в соответствии со своими требованиями.

Процесс зачисления студентов начинается с того, что в LMS поступает запрос без токена, но с использованием API-ключа. Запрос содержит идентификатор курса, логин, идентификатор, имя и фамилию пользователя из AIM. LMS создает нового пользователя с этими данными и случайным паролем, который никому не нужен. Затем создается объект сопоставления с этим новым пользователем, и отправляется внутренний запрос на зачисление его на указанный курс.

Пользователь AIM с токеном AIM делает запрос на получение карты курса через отдельный эндпоинт. LMS декодирует этот токен, используя полученный идентификатор и название внешнего сервиса, и ищет объект сопоставления. В этом объекте находит идентификатор пользователя в своей базе данных, генерирует для него токен и возвращает редирект на страницу карты курса со встроенным токеном LMS. Эти шаги обеспечивают бесшовное взаимодействие между AIM и LMS, позволяя эффективно управлять курсами и зачислением студентов.

Схема, как устроена интеграция, отображена на рисунке 2.

Разработанная система для безотказной работы была покрыта модульными и интеграционными тестами с использованием библиотек jest и react-testing-library.

Для избежания попадания некачественных участков кода в историю коммитов были подключены и настроены библиотеки husky и lint-staged для автоматической проверки кода перед выполнением действий в git [4]. Husky позволяет добавить хуки Git, такие как pre-commit и pre-push, которые выполняют определенные действия перед фиксацией изменений или перед отправкой их в удаленный репозиторий. Настройка husky включает определение скриптов, которые будут выполняться перед коммитом и пушем, таким образом, обеспечивая автоматическую проверку кода по заданным в конфиге правилам.

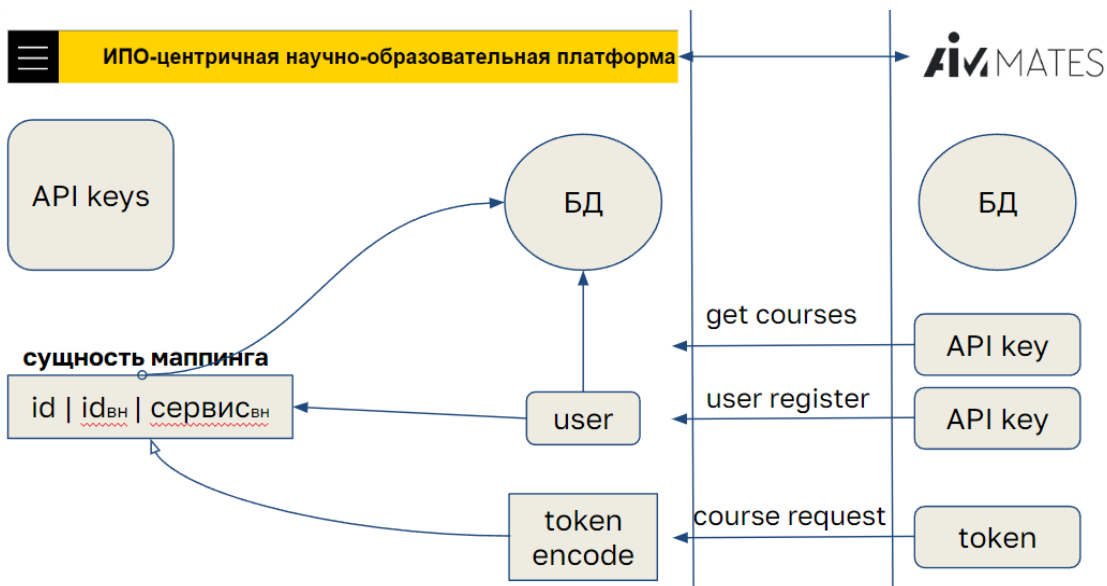


Рис. 2. Интеграция с LMS

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В результате проделанной работы была выполнена разработка клиентской части для внутренней корпоративной системы исследовательского центра “Сильный ИИ в промышленности”. Этот процесс включал в себя изучение требований системы, анализ, проектирование, разработку пользовательского интерфейса, тестирование и интеграцию с внешними сервисами. Данная работа выполнялась на базе AIM, объединяющая несколько центров Университета ИТМО – НЦКР, “Сильный ИИ в промышленности”, ООО “ИТМО.ИСКИН”.

В процессе выполнения работы были:

1. Проанализированы и спроектированы основные модули системы и архитектура.
2. Определен стек технологий.
3. Реализованы и связаны модели системы.
4. Реализовано клиент-серверное взаимодействие.
5. Произведена интеграция с внешним сервисом LMS.
6. Приложение было покрыто unit и интеграционными тестами.
7. Настроена автоматическая проверка кода (pre-commit и pre-push).

В перспективе для реализованной системы необходимо реализовать внутренний раздел заявок для сотрудников центра Университета ИТМО.

Список использованных источников

1. Основной сайт AIM. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://aim.club/> (дата обращения: 31.11.2023).
2. Архитектурная методология FSD [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://feature-sliced.design/> (дата обращения: 07.10.2023).
3. Документация Redux. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://redux.js.org/> (дата обращения: 31.11.2023).
4. Документация Husky. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://typicode.github.io/husky/> (дата обращения: 13.04.2024).

Выпускник

Коробковский Вадим Андреевич

факультет инфокоммуникационных технологий

e-mail: vkorobkovskiy@gmail.com

Научный руководитель

Горлушкина Наталия Николаевна

к.т.н., доцент факультета инфокоммуникационных технологий

e-mail: nagor@itmo.ru

УДК 004.622; 004.912; 004.932.75'1

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИХ КАРТОЧЕК

Ключевые слова

Электронный каталог, библиографический поиск, библиографическая карточка, формат RUSMARC, автоматизация, алгоритм, Python, программирование, нейронные сети.

Цели и задачи

Сегодня российские библиотеки активно занимаются переводом бумажных карточных каталогов в электронный вид [1, 2]. Причина заключается в упрощении получения читателями доступа к нужной им информации. Электронный каталог позволяет пользователям быстро и эффективно находить необходимые материалы [3], осуществлять онлайн-заказ и получать заказанные издания. Возможность поиска по различным параметрам также существенно сокращает время и значительно влияет на качество найденной информации. Например, на текущий момент фонд БАН составляет более 20 000 000 единиц хранения [4], а в электронном каталоге содержится около 2 000 000 записей, что составляет лишь 10% от общего фонда. Осуществление полноценной книговыдачи существенно затруднено.

Однако ретроконверсия библиографических карточек является актуальной проблемой. На сегодняшний день выделяют три основных способа её решения: клавиатурный набор, заимствование и сканирование [5]. Однако каждый из них имеет свои существенные недостатки. Клавиатурный набор является трудоемким и неэффективным процессом, требующим найма опытных сотрудников и дополнительного контроля проделанной работы. Заимствование, к которому можно отнести и обмен информацией между библиотеками, способствует пополнению электронных каталогов без особых усилий, однако такой способ ограничен уже имеющейся после обработки карточек информацией. Сканирование является самым оптимальным с точки зрения эффективности вариантом. Однако такой способ зачастую подразумевает под собой ещё и оптическое распознавание символов с последующим проведением процесса конвертирования полученной информации в соответствии с выбранным форматом машиночитаемой каталогизации. Выполнение данных действий требует найма высокооплачиваемых специалистов в связи с отсутствием у библиотек таких кадров и при этом не гарантирует идеального результата из-за большого количества нюансов.

Именно сканирование использует ведущая компания в России ЭЛАР. Она обладает большим опытом в области ретроконверсии, имеет многочисленный штат сотрудников и

собственное оборудование. Однако на её сайте нет никакого упоминания автоматизации процесса обработки информации с библиографических карточек с последующей конвертацией в формат RUSMARC, а, наоборот, присутствует указание на ручной ввод. Таким образом, на сегодняшний день не существует конкретного инструмента для решения проблемы автоматизации ретроконверсии, который был бы достаточно эффективным и при этом не требовал бы большого объёма временных, финансовых и человеческих ресурсов. На основании этого возникают задачи предобработки, локализации структурных областей карточки, считывания текста с них и последующая конвертация полученной информации с целью создания программы для автоматизации процесса обработки информации карточек с библиографическим описанием настолько, насколько это в принципе возможно.

Основная часть (методология, результаты)

Входными данными являются отсканированные изображения с библиографическим описанием различных литературных произведений. Основными областями являются так называемые поля автора, заглавия и шифра, и хранения. И хотя расположение и наполнение этих полей может незначительно отличаться (в том числе и полностью отсутствовать), приведённую на рисунке структуру можно считать постоянной: красным цветом выделена область с полем автора, синим цветом – область с полем заглавия, а оранжевым – область с полем шифра и условий хранения.

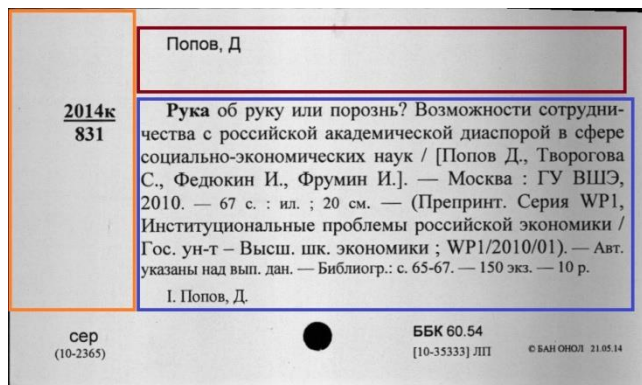


Рисунок. Структура карточки

В рамках предобработки с помощью библиотеки OpenCV проводятся работы по удалению тёмных краёв, выравниванию локализованных частей изображения, удалению шумов с помощью билатерального фильтра и применения бинаризации для улучшения качества распознавания. Локализация проводится для выделения структурно значимых областей с целью упрощения дальнейшей конвертации. Она реализована с помощью применения дообученной модели нейронной сети YOLOv8n. Итоговый датасет насчитывал 2723 изображений с выделенными областями. По результатам 300 эпох обучения метрика Precision имела значение 0.992, метрика Recall составила 0.995, а метрика mAP50-95 равнялась 0.85. На основании этого можно сделать вывод, что в подавляющем большинстве случаев модель способна правильно находить и идентифицировать все необходимые области, однако у неё есть небольшие проблемы с правильностью определения их границ.

Так как в ящиках встречаются карточки как с рукописными пометками, так и полностью написанные от руки, было решено дообучить модель нейронной сети ResNet-50 для определения типа текста: печатный, рукописный или оба варианта. Датасет насчитывал 3510 изображений и был составлен с помощью проведения локализации. Итоговая точность по результатам 150 эпох обучения составила почти 99%, при этом валидационная точность равнялась лишь 86%. Это произошло из-за несбалансированности датасета по областям:

например, рукописный текст намного чаще встречался в поле автора или поле шифра и хранения, чем в поле заглавия.

Последним этапом стала работа с текстом и конвертация. Изначально для каждой области происходит удаление лишних пробелов и переносов строк и слов. Затем идёт первичное распознавание текста из области заглавия с целью определения языка текста с помощью библиотеки *lingua*, после чего начинаются действия по конвертации. Для поля шифра и хранения разделение идёт построчно, после чего происходит проверка на наличие цифр в частях. На основании результата происходит разбиение на соответствующие поля. В случае с полем автора происходит разделение по пробелам, после чего производится расчёт количества отдельных слов. Если их количество делится на 3, это говорит о наличии отчества, если же деление возможно только на 2, то отчество отсутствует. На основании этого происходит запись в соответствующее поле информации о фамилии, инициалах и полных имени и отчества (при наличии). Для поля заглавия разделение происходит по знакам препинания, которые и являются разделителями. В случае их отсутствия конвертацию для этой области провести невозможно. В основном на всех карточках присутствует информация, относящаяся к полям сведений об ответственности, данных о публикации и физической характеристики. Опциональными являются данные о серии, втором языке заглавия, наличии библиографии и номере ISBN, к которому также относятся количество экземпляров и цена.

Наилучшие результаты по распознаванию и конвертации приходятся на полностью печатные (95%) и так называемые “пустые” карточки (100%). В первом случае могут случаться редкие ошибки в распознавании некоторых символов, во втором же варианте конвертация не проводится, поскольку сама карточка не несёт в себе никакой полезной информации. Карточки с несколькими языками имеют хорошую точность (70%), а имеющиеся ошибки могут быть выражены в отсутствии модели для конкретного языка, неправильном его определении и в принципе не очень хорошей работой библиотеки *pytesseract* при считывании текста с таких карточек в рамках одной строки. Для карточек со смешанным типом текста точность также является хорошей (80%). Ошибки в основном встречаются при распознавании рукописного текста в области заглавия и автора. Карточки старого образца, характеризующиеся жирным текстом и малым межстрочным интервалом, имеют среднюю точность распознавания и конвертации (60%). Это связано с тем, что при распознавании зачастую проводится для двух, а иногда и трёх строк сразу, что резко снижает качество итогового результата. И, наконец, полностью рукописные карточки распознаются хуже всего (20% и ниже). Это связано с отсутствием качественных инструментов для распознавания рукописного текста на разных языках. В рамках работы были опробованы библиотека *Shifflab OCR* и модель *Russian Handwritten Text Recognition*, и обе показали абсолютно непригодные для использования результаты, поэтому было решено продолжать использовать библиотеку *pytesseract* для распознавания рукописного текста. Хотя она для этого и не предназначена, точность оказалась намного выше. На текущий момент практически без ошибок распознаются рукописные цифры и печатные буквы, написанные от руки.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В ходе работы была разработана программа для частичной автоматизации процесса обработки информации библиографических карточек Библиотеки Российской академии наук. Нормой при ручном вводе является обработка 10 карточек в час, тогда как данная программа позволяет ускорить обработку в величину от 6 до 12 раз в зависимости от типов карточек и количества информации на них.

К тому же данная реализация оставляет большое пространство для улучшения. Полностью изучить и понять все правила конвертации текста в машиночитаемый формат разметки *RUSMARC* за столь короткое время попросту невозможно, ведь даже сотрудники библиотеки с большим опытом иногда не могут сразу ответить на вопрос, касающийся

принадлежности какой-либо информации к определенному полю. В данном случае может подразумеваться не только расширение функционала, но и оптимизация уже имеющегося решения с целью уменьшения времени на проведение конвертации. К тому же имеется возможность провести расширение датасетов и дообучение нейронных сетей с целью улучшения значений метрик точности. Особенно это касается модели нейронной сети ResNet-50.

Список использованных источников

1. Стукалова А.А. Основные направления развития электронных каталогов ГПНТБ СО РАН // Труды ГПНТБ СО РАН. – 2018. – №. 13-2. – С. 185–192.
2. Скарук Г.А. Электронные каталоги библиотек в борьбе за пользователя: «старые» и новые подходы // Библиосфера. – 2016. – №. 2. – С. 7–15.
3. Полное собрание законов Российской Империи. Собрание Первое. Том XXI. 1781–1783 гг. СПб. – 1830. – Т. 21. – С. 872. – №. 15671.
4. Катуева Я.В., Белинская М.А., Боримова А.А. Информационная карта как основа для получения оценки сохранности библиотечных коллекций // International Journal of Open Information Technologies. – 2018. – №. 12. – С. 79–84.
5. Стукалова А.А. Ретроспективная конверсия карточных каталогов: опыт российских библиотек // Библиосфера. – 2012. – №. 3. – С. 55–66.

Выпускник

Королев Юрий Алексеевич

факультет систем управления и робототехники

e-mail: korolev-2512@mail.ru

Научный руководитель

Крылова Анастасия Андреевна

к.т.н., преподаватель факультета систем управления и робототехники

e-mail: a.krylova@itmo.ru

УДК 004.931

**РАЗРАБОТКА «УМНОГО» ЗАМКА И КОМПОНЕНТОВ
ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПОСУТОЧНОЙ И ПОЧАСОВОЙ
АРЕНДЫ ЖИЛЬЯ**

Работа выполнена в рамках темы НИР «Разработка «умного» замка и компонентов информационной системы посуточной и почасовой аренды жилья».

Ключевые слова

Интернет-вещей (IoT), аренда недвижимости, удаленное управление доступом, краткосрочная аренда, веб-разработка, оптимизация бизнес-процессов.

Цели и задачи

Современный рынок краткосрочной аренды жилья активно развивается, однако процесс удаленного заселения нуждается в автоматизации процессов с использованием современных и технологических устройств. Целью данной работы является разработка «умного» сейф-кейса для ключей и создание компонентов информационной системы для управления процессом удаленного заселения, что должно оптимизировать процесс. Основными задачами являются сравнительный анализ существующих решений для управления доступом, разработка конструкции и аппаратного обеспечения прототипа «умного» сейф-кейса, а также создание программного обеспечения для его управления. Важным аспектом является интеграция устройства с информационной системой для автоматизации процессов аренды. Завершающий этап работы включает тестирование прототипа в реальных условиях и разработку рекомендаций по дальнейшему развитию устройства на основе полученных результатов.

Основная часть (методология, результаты)

В рамках данной работы был проведен сравнительный анализ существующих решений для управления доступом в сфере краткосрочной аренды недвижимости, включая

механические кейсы для ключей и различные инструменты из области интернет вещей [2–4]. Результаты анализа показали, что современные решения обладают значительными недостатками. На основе полученных данных была разработана конструкция и аппаратное обеспечение прототипа «умного» сейф-кейса для ключей, включающего микроконтроллер и электромагнитный замок [1]. Также было создано программное обеспечение для управления «умным» сейф-кейсом, включающее веб-сервис и интерфейс для пользователей. Интеграция устройства с информационной системой позволила автоматизировать процессы аренды, обеспечивая удаленное управление доступом и повышение уровня безопасности.

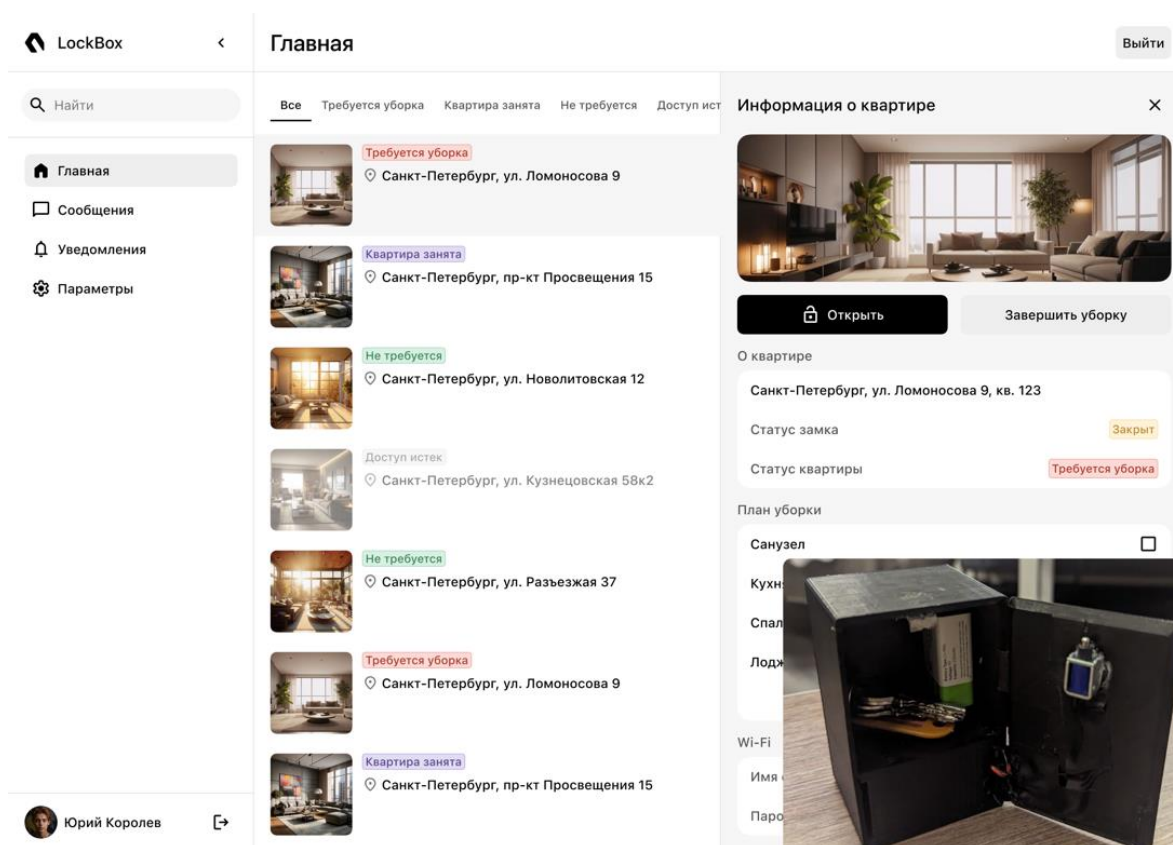


Рисунок. Изображение веб-интерфейса и прототипа устройства

Проведенное тестирование прототипа в реальных условиях подтвердило его работоспособность и удобство использования. На основе результатов тестирования были разработаны рекомендации по дальнейшему развитию и улучшению устройства.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В ходе работы был разработан и протестирован прототип «умного» сейф-кейса для ключей, который обеспечивает удаленное управление доступом и повышает безопасность краткосрочной аренды недвижимости. Эксперименты подтвердили эффективность и удобство использования устройства в реальных условиях. Дальнейшие исследования будут сосредоточены на улучшении аппаратного обеспечения, интеграции с дополнительными платформами для краткосрочной аренды, а также на разработке новых функций для повышения уровня безопасности. Также планируется изучение возможностей снижения затрат на производство и упрощения установки устройства. В перспективе исследование будет направлено на адаптацию технологии для других областей применения, таких как управление доступом в коммерческих и медицинских учреждениях.

Список использованных источников

1. Нил К.П. Электронные проекты на основе ESP8266 и ESP32. Создание веб страниц, приложений и устройств с поддержкой Wi-Fi/пер. с англ. ЮВ Ревича // М.: ДМК Пресс. – 2022. – С. 126–173.
2. Guttentag D. (2019). Airbnb: disruptive innovation and the rise of an informal tourism accommodation sector. *Current Issues in Tourism*. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/13683500.2013.827159> (дата обращения: 16.06.2024).
3. Belk R. (2021). You are what you can access: Sharing and collaborative consumption online. *Journal of Business Research*. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0148296313003366> (дата обращения: 27.05.2024).
4. Hawlitschek F., Teubner T., Gimpel H. (2018). Trust in the Sharing Economy: An Experimental Framework. *International Journal of Electronic Commerce*. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/309204479_Trust_in_the_Sharing_Economy_An_Experimental_Framework (дата обращения: 06.06.2024).

Выпускник

Кулаков Никита Васильевич

факультет программной инженерии и компьютерной техники

e-mail: nv1kulakov@gmail.com

Научный руководитель

Логинов Иван Павлович

к.т.н., доцент факультета программной инженерии и компьютерной техники

e-mail: loginov@itmo.ru

УДК 004.413

АВТОМАТИЗАЦИЯ ОТСЛЕЖИВАНИЯ СОСТОЯНИЯ ДОРОЖНОГО ПОКРЫТИЯ ПРИ ПОМОЩИ МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ВОДИТЕЛЕЙ

Ключевые слова

Дорожное покрытие, отслеживание состояния дорог, оценки дорожного покрытия, датчики мобильных устройств, анализ данных, машинное обучение, мобильное приложение, микросервисная архитектура.

Цели и задачи

Целью работы является обеспечение частичного отказа от использования специализированной аппаратуры, предназначенной для сбора данных, путем ее замены на датчики мобильных устройств и увеличению объема собираемых данных. Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи: 1. Анализ предметной области и состояния работ. 2. Разработка программной архитектуры. 3. Программная реализация средства анализа состояния дорожного покрытия. 4. Сбор данных и их обработка для получения результатов. 5. Анализ результатов и принятых решений.

Основная часть (методология, результаты)

В настоящее время проблема качества дорог является важной проблемой: из-за плохих дорог увеличивается вероятность дорожно-транспортных происшествий [1], растет стоимость содержания транспортных средств и время вождения. Кроме того, несвоевременный ремонт увеличивает стоимость обслуживания дорожных участков [2].

Перед проведением ремонтных работ предварительно необходимо выявить сами дефекты. Для этого, как правило, нанимаются бригады, подготавливаются передвижные лаборатории. Несмотря на свою точность, данный подход требует большого количества времени и средств. Альтернативным вариантом для сбора данных о состоянии дорожных покрытий является использование датчиков мобильных устройств водителей и различных алгоритмов обработки этих данных, что, благодаря своей простоте, может быть использовано

в условиях отсутствия возможности быстрой организации бригад или необходимости проведения анализа на большой территории.

Для выполнения поставленной цели в соответствии с обозначенными требованиями, а именно необходимостью обеспечения горизонтального масштабирования и обработки большого числа причинно-следственно независимых данных датчиков от мобильных приложений, была спроектирована представленная на рисунке архитектура разработанной системы и реализованы требуемые элементы, а именно мобильное приложение, отвечающее за отправку данных акселерометра, гироскопа и GPS, а также визуализацию результатов, сервис пользовательских запросов, обеспечивающий доступ к результатам, сервис прогнозирования и сервис обработки результатов, осуществляющий буферизированную вставку. Алгоритм прогнозирования был вынесен из мобильного приложения для снижения нагрузки на устройство.

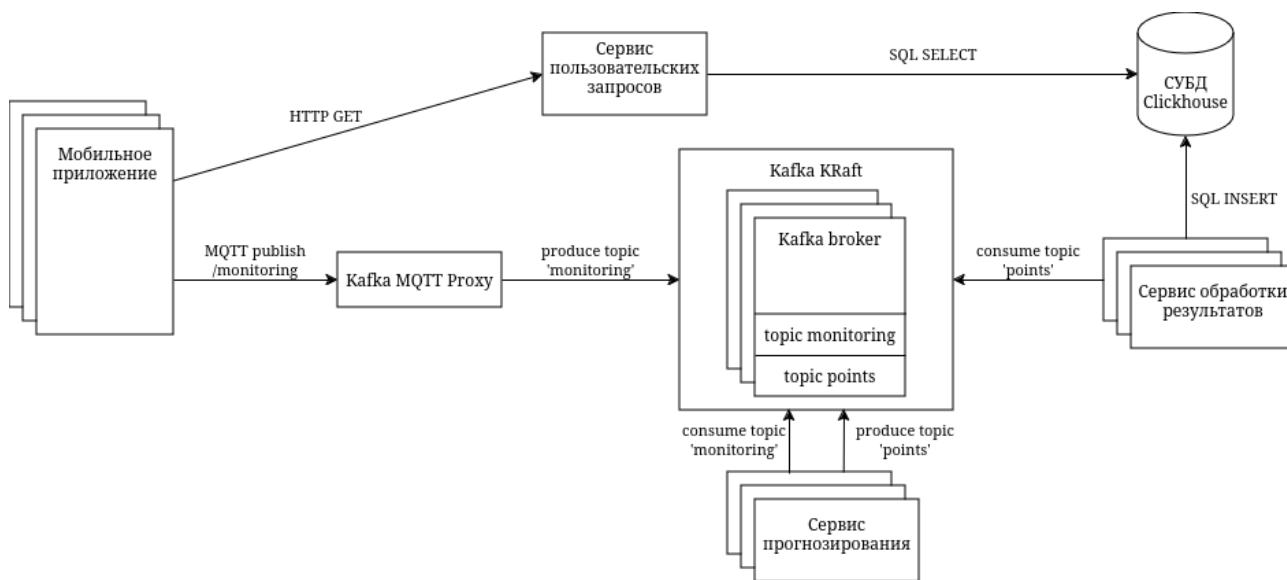


Рисунок. Архитектура системы с использованными сервисами

Во избежание потерь во время буферизированной отправки данных акселерометра, гироскопа и GPS с мобильных устройств, в моменты, когда доступ к серверу отсутствует, был реализован алгоритм, локально сохраняющий данные до момента их успешной отправки. Кроме того, для уменьшения запросов к сервису пользовательских запросов при визуализации результатов было реализовано кэширование.

Для дальнейшего внедрения в сервис прогнозирования, на приведенном к необходимому формату датасете [3] были обучены модели регрессии CART, Random Forest и XGBoost с различными атрибутами. Также был реализован алгоритм предобработки данных, включающий этапы интерполяции, фильтрации и преобразования Фурье [4], для повышения точности работы алгоритмов.

По результатам тестирования моделей машинного обучения на обучающих и реальных данных был выбран алгоритм XGBoost без атрибута скорости, так как из рассмотренных моделей он получил наилучшую точность в реальных сценариях использования. На обучающих данных коэффициент детерминации R2 составил 0.70. Нагрузочное тестирование показало, что на сервере с 2 ядрами 2.6 ГГц, 4 Гб оперативной памяти за 150 секунд было обработано 4.2 тысячи пользовательских сообщений, каждый содержащий 30 секунд данных датчиков.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В результате работы было предложено решение отслеживания состояния дорожного покрытия. Для реализации данного решения разработано мобильное приложение, используемое для сбора данных датчиков, сервис прогнозирования, сервис буферизированной обработки результатов, обеспечивающий сохранение результатов, и сервис пользовательских запросов. Для сервиса прогнозирования были выбраны и обучены алгоритмы машинного обучения.

Проведенное тестирование на реальных и обучающих данных показало возможность применения разработанной системы для достижения поставленной цели: на сервере с 2 ядрами 2.6 ГГц, 4 Гб оперативной памяти за 150 секунд было обработано 4.2 тысячи пользовательских сообщений, содержащих по 30 секунд данных датчиков, при этом коэффициент детерминации R2 модели XGBoost без атрибута скорости, показавшей лучший из рассмотренных результат на реальных данных, составил 0.70.

Дальнейшие пути развития следующие: улучшение точности и скорости прогнозирования, добавление новых характеристик об оценках дорог, агрегация результатов, кеширование запросов и внедрение системы в картографические сервисы.

Список использованных источников

1. Пономарева Е.А., Савина А.Д. Факторы, влияющие на смертность в ДТП // Экономическая политика. – 2022. – №. 4. – С. 128–153.
2. Шабазов М.М. Влияние качества дорог на стоимость перевозки грузов и на расход топлива // Мировая наука. – 2023. – №. 5 (74). – С. 302–305.
3. Menegazzo J., von Wangenheim A. Multi-Contextual and Multi-Aspect Analysis for Road Surface Type Classification Through Inertial Sensors and Deep Learning // 2020 X Brazilian Symposium on Computing Systems Engineering (SBESC), Florianopolis. – 2020. – Pp. 1–8. DOI: 10.1109/SBESC51047.2020.9277846.
4. Кандидов В.П., Чесноков С.С., Шленов С.А. Дискретное преобразование Фурье // М. Физический факультет МГУ. – 2019. – 89 с.

Выпускник

Мариненков Максим Денисович

факультет безопасности информационных технологий

e-mail: maxmarinenkov68@gmail.com

Научный руководитель

Коржук Виктория Михайловна

к.т.н., доцент факультета безопасности информационных технологий

e-mail: vmkorzhuk@itmo.ru

УДК 004.056

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ЛОГИРОВАНИЯ ДЕЙСТВИЙ В ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ НА МИКРОСЕРВИСНОЙ АРХИТЕКТУРЕ С УСЛОВИЕМ ПОДКЛЮЧЕНИЯ К ВНЕШНЕМУ НЕЗАВИСИМОМУ ОПЕРАТОРУ ДАННЫХ

Ключевые слова

Логирование, неотказуемость, фильтрация, микросервисная архитектура.

Цели и задачи

Некоторым организациям необходимо дополнительное подтверждение действий для выполнения бизнес-процессов, например таким как ООО «СМАРТ». На основе проведенного анализа был сделан вывод о том, что существующие решения для организации логирования в информационных системах не только не способны обеспечить достоверность хранящейся записи, но и работают только с готовыми журналами событий, создание которых перекладывается на плечи разработчиков. Помимо этого, для организации логирования событий каждый раз разработчики вынуждены обновлять программный код своих программ, что может вызвать дополнительные проблемы.

Таким образом, целью данной работы является повышение эффективности проверки действий внутри информационной системы. Стоит учесть, что под действием в информационной системе подразумевается действия пользователей, и оно рассматривается как совокупность двух фактов. В первую очередь это информация, которую веб клиент отправляет на микросервис для обработки, во вторую очередь факт свершения пользователем некоторого действия, достоверность которого нам необходимо подтвердить. Под повышением эффективности подразумевается обеспечение неотказуемости пользователей от своих действий, а также универсальное и гибко настраиваемое решение для обеспечения проверки действий.

Основная часть (методология, результаты)

В первую очередь был проведён анализ информационной системы компании ООО «СМАРТ» и их микросервисной архитектуры. Ознакомление с информационной системой позволило определить откуда и какие данные мы сможем использовать для будущих записей в лог, а конкретно информацию о человеке и о совершаемом им действии, а также продуманы варианты организации общения между микросервисами.

Для универсальной и гибко настраиваемой проверки событий внутри информационной системы была предложена фильтрация входящих запросов и ответом микросервиса, которая будет встроена в программный код существующих микросервисов. Настройка правил фильтрации осуществляется путем описания правила фильтра в формате данных JSON. При описании фильтра указывается Тип фильтра (для входных данных и для выходных), вид уведомления (предусмотрено оповещение в Телеграм или по электронной почте), Действие, которое необходимо выполнить при совпадении правила и данных (запретить исполнение, разрешить исполнение), а также непосредственно описание самого правила, в котором указывается поле, в котором будет осуществлена проверка, и логическое выражение (рис. 1).

```
{
  "model": "filter",
  "pk": 2,
  "fields": {
    "name": "Проверка токена",
    "description": "",
    "filter_type": 1,
    "notification": 1,
    "action": false,
    "filter": {
      "and": [
        {
          "value": "Bearer",
          "field_name": "Authorization",
          "is_negative": true,
          "lookup_type": "__in"
        }
      ]
    }
  }
},
```

```
{
  "model": "filter",
  "pk": 3,
  "fields": {
    "name": "Проверка Server Error",
    "description": "",
    "filter_type": 2,
    "notification": 1,
    "action": true,
    "filter": {
      "and": [
        {
          "value": 500,
          "field_name": "status",
          "is_negative": false,
          "lookup_type": "__exec"
        }
      ]
    }
  }
},
```

Рис. 1. Примеры описания фильтров в формате JSON

Таким образом, однократно обновим программный код, разработчики в любой момент могут применить и настроить новый фильтр без необходимости полного перезапуска системы.

Для подтверждения действий пользователей в информационной системе предлагается категорировать действия, которые пользователь может совершать в системе. Для упрощённой проверки было принято решение использовать двухфакторную аутентификацию через СМС код, а для усиленного подтверждения, электронная подпись человека через внешние удостоверяющие центры, такие как Контур и Минцифры, функциональность которых позволяет нам отправить на подтверждение им данные, которые человеку необходимо подписать [1, 2].

Был разработан основной алгоритм взаимодействия с внешними операторами данных. При подтверждении через мобильного оператора, пользователю будет отправлено СМС с кодом подтверждения, а также hash информации о совершаемом действии. В случае подтверждения через усиленную квалифицированную подпись будет отправлен в удостоверяющий центр файл для подписания, данные о подписи которого будут ожидать в ответ.

В результате программной разработки представленных алгоритмов были модифицированы функции уже имеющихся микросервисов, а также разработан собственный микросервис логирования, в котором расположена централизованная база данных с журналами событий всех микросервисов, и описаны основные алгоритмы подтверждения действий (рис. 2) [3, 4].

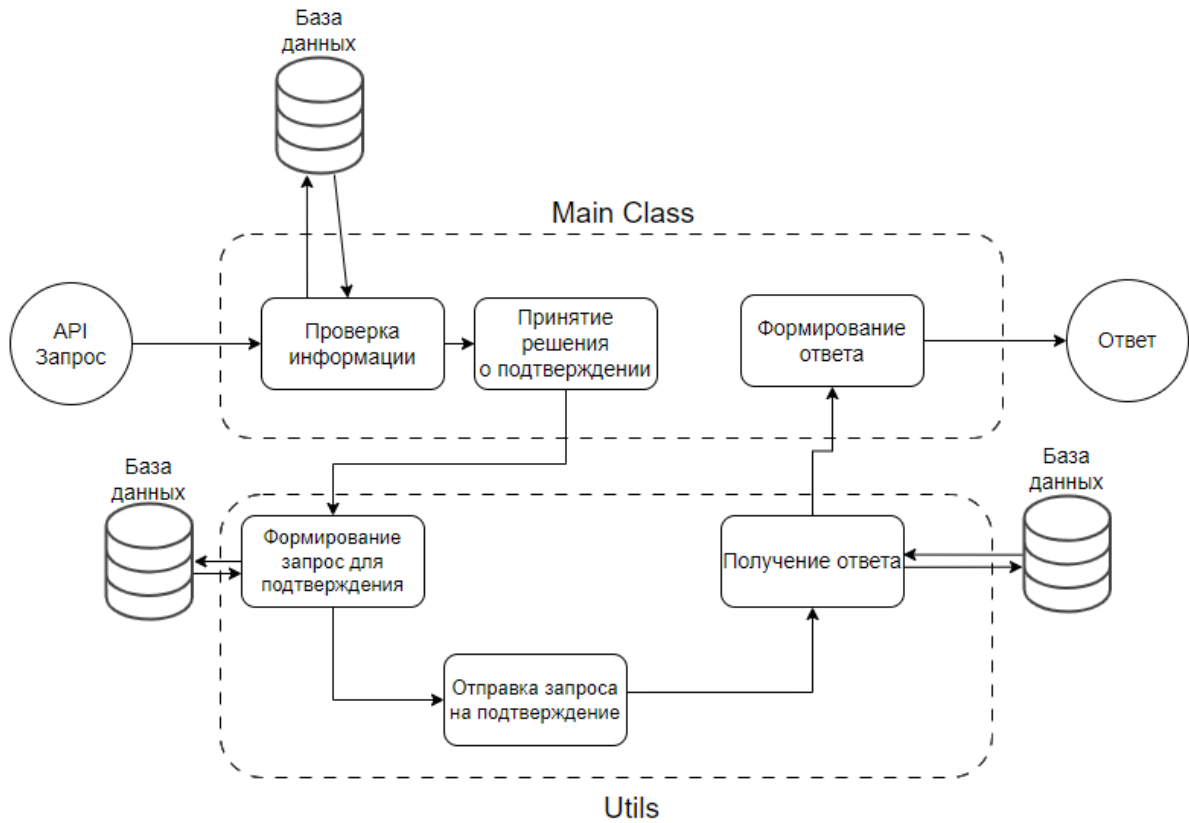


Рис. 2. Схема программного кода микросервиса

В рамках тестирования разработанного решения были проведены измерения времени обработки запросов микросервисом до внедрения программного кода и после (рис. 3, 4).

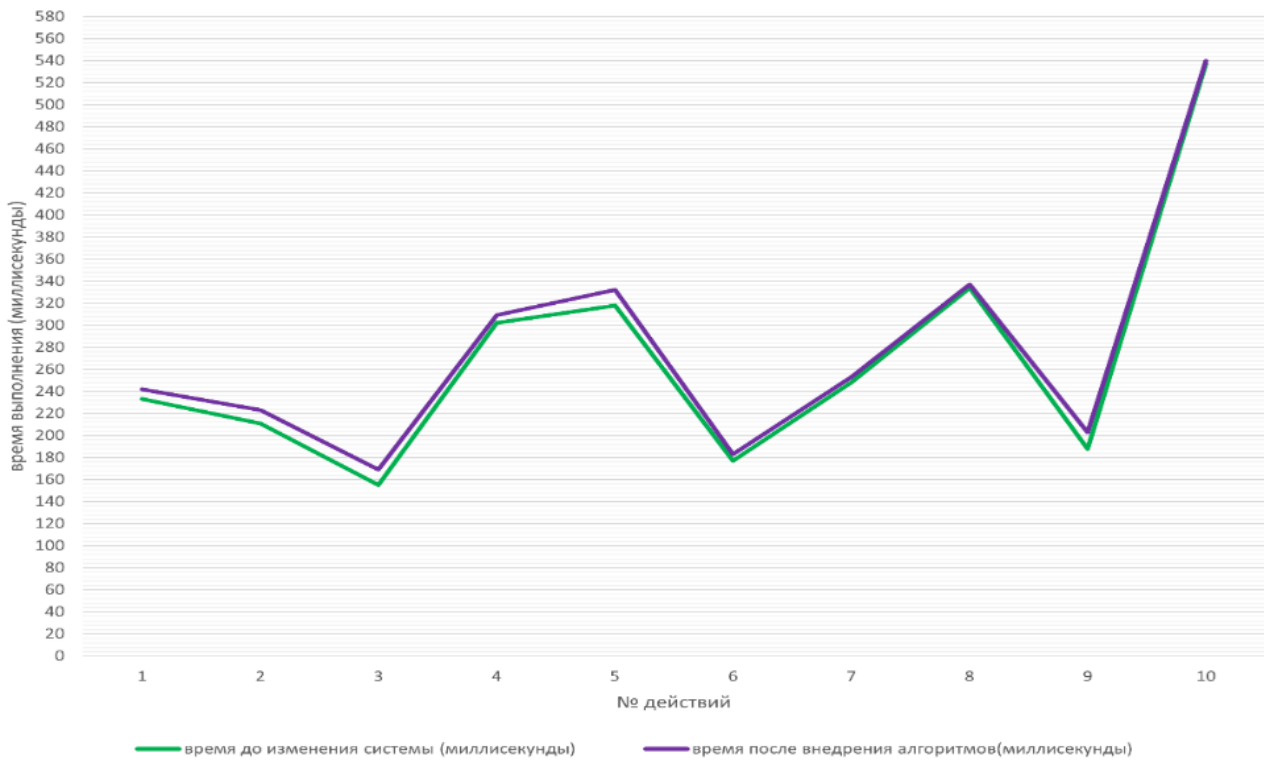


Рис. 3. Время обработки запроса с использованием двух правил

Бюллетень работ конкурса «Научный Эверест» Университета ИТМО

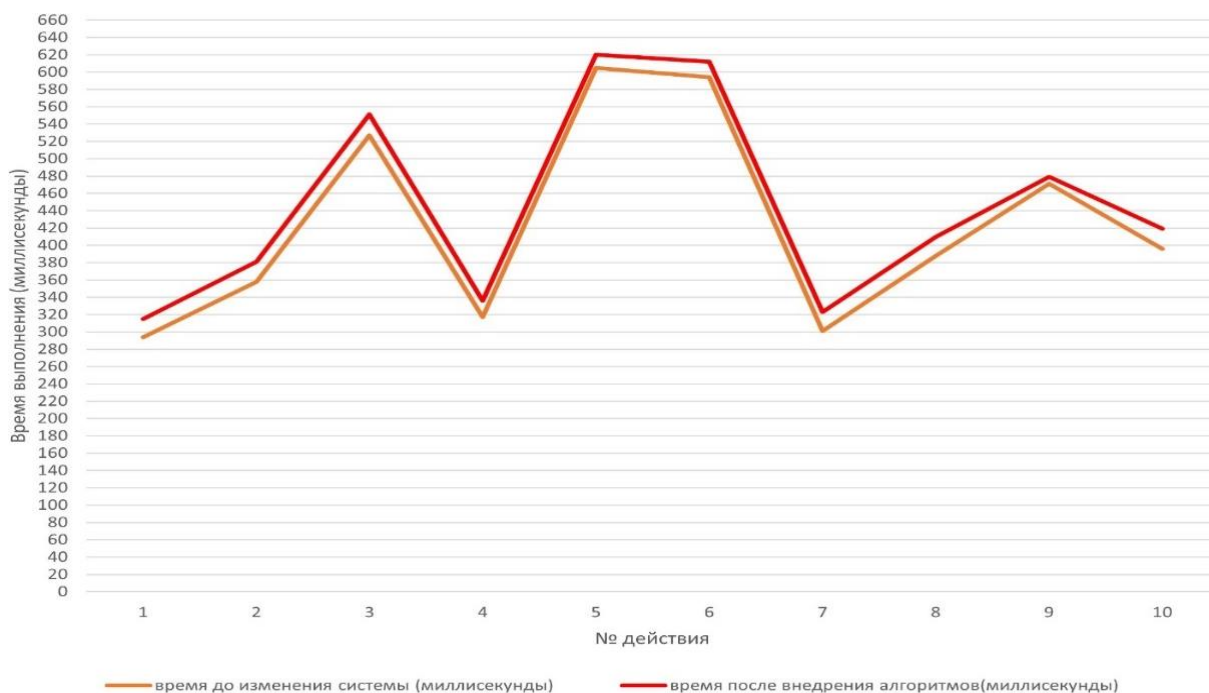


Рис. 4. Время обработки запроса с подтверждением действия

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

Как показывают результаты тестирования, время обработки запросов увеличивается, но незначительно. В противовес этому, разработанные алгоритмы позволяют гибко настраивать правила для проверки входных и выходных данных без необходимости обновления всего микросервиса. Благодаря оповещению уменьшается время реагирования на события, появляется возможность подтвердить намерение пользователя выполнить то или иное действие в информационной системе, а у организации в свою очередь появляется возможность доказать свершение действия при необходимости. Также у организации ООО «СМАРТ» появляется возможность расширить функции своей информационной системы, к примеру добавить функции электронного документооборота.

Список использованных источников

1. Все, что нужно знать о JSON: особенности, описание, первые. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.cleverence.ru/articles/auto-busines/diadok-cto-eto-zaprogramma-elektronno-go-dokumentooborota/> (дата обращения: 01.03.2024).
2. Ильина Ю.З., Докторова С.А., Васильева К.П. Разработка варианта двухфакторной аутентификации для малого предприятия // Современные научные исследования и инновации. – 2019. – №. 4. – С. 9.
3. Диадок: что это за программа электронного документооборота. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.cleverence.ru/articles/auto-busines/diadok-cto-eto-zaprogramma-elektronno-go-dokumentooborota/> (дата обращения: 01.03.2024).
4. Интеграция вашей системы с «Госключом». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://partners.gosuslugi.ru/catalog/goskey> (дата обращения: 01.03.2024).

Выпускник

Миронов Даниил Геннадьевич

факультет технологического менеджмента и инноваций
e-mail: sqwk@ya.ru

Научный руководитель

Мошурова Елизавета Юрьевна

инженер факультет технологического менеджмента и инноваций
e-mail: emoshurova@itmo.ru

УДК 332.146.2

РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ БОЛЬШИХ ДАННЫХ В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН

Ключевые слова

Большие данные, экономика больших данных, Республика Татарстан, цифровая трансформация, инфраструктура экономики больших данных, концепция развития.

Цели и задачи

Цель работы — предложить механизм развития экономики больших данных в Республике Татарстан в формате концепции для повышения экономической эффективности региона за счет развития систем сбора, хранения, обработки и передачи данных. Задачи: изучить теоретические основы и ключевые исследования в области экономики больших данных, включая модели и принципы их использования. Проанализировать опыт развитых стран в области экономики больших данных, выявить применимые инструменты и меры поддержки. Оценить текущее состояние и инвестиционный потенциал экономики в Республике Татарстан, включая существующие проекты и инфраструктуру. Идентифицировать ключевых акторов рынка больших данных в регионе и их роль в текущих инициативах. Разработать концепцию развития экономики больших данных в регионе, включая стратегические направления и конкретные практические рекомендации.

Основная часть (методология, результаты)

В работе рассмотрены теоретические основы экономики больших данных (ЭБД), её ключевые характеристики и роль в современной экономике. Проведен анализ национальных и международных проектов по развитию ЭБД, определены ключевые инструменты стимулирования, такие как государственные субсидии, налоговые льготы и гранты на исследования. Оценено текущее состояние инфраструктуры больших данных в Республике

Татарстан, включая данные о существующих центрах обработки данных, образовательных учреждениях и технологических компаниях. Идентифицированы ключевые акторы и текущие проекты в области больших данных, такие как Минцифра, Агентство инвестиционного развития, университеты (КФУ и Университет Иннополис), крупные и малые предприятия, а также инвесторы и венчурные фонды.

Предложенный механизм развития ЭБД в Республике Татарстан (рисунок) включает несколько ключевых проектов.

Создание Регионального центра обработки данных «Мой Татарстан — мои данные» является важным шагом в развитии технологической зрелости и инфраструктуры региона. Этот проект предполагает разработку и запуск центра обработки данных для хранения и обработки больших объемов данных, что позволит повысить надежность и доступность данных. Основные необходимые действия включают проведение технико-экономического обоснования, планирование и проектирование ЦОД, выбор и установку оборудования.

Платформа интеграции данных «Единый цифровой Татарстан» направлена на повышение эффективности взаимодействия между государственными и частными организациями. Эта платформа обеспечит обмен и анализ данных между различными структурами, что позволит улучшить управление и принятие решений. Необходимые действия включают разработку технического задания, выбор подрядчика, внедрение и тестирование системы, а также обеспечение защиты данных.

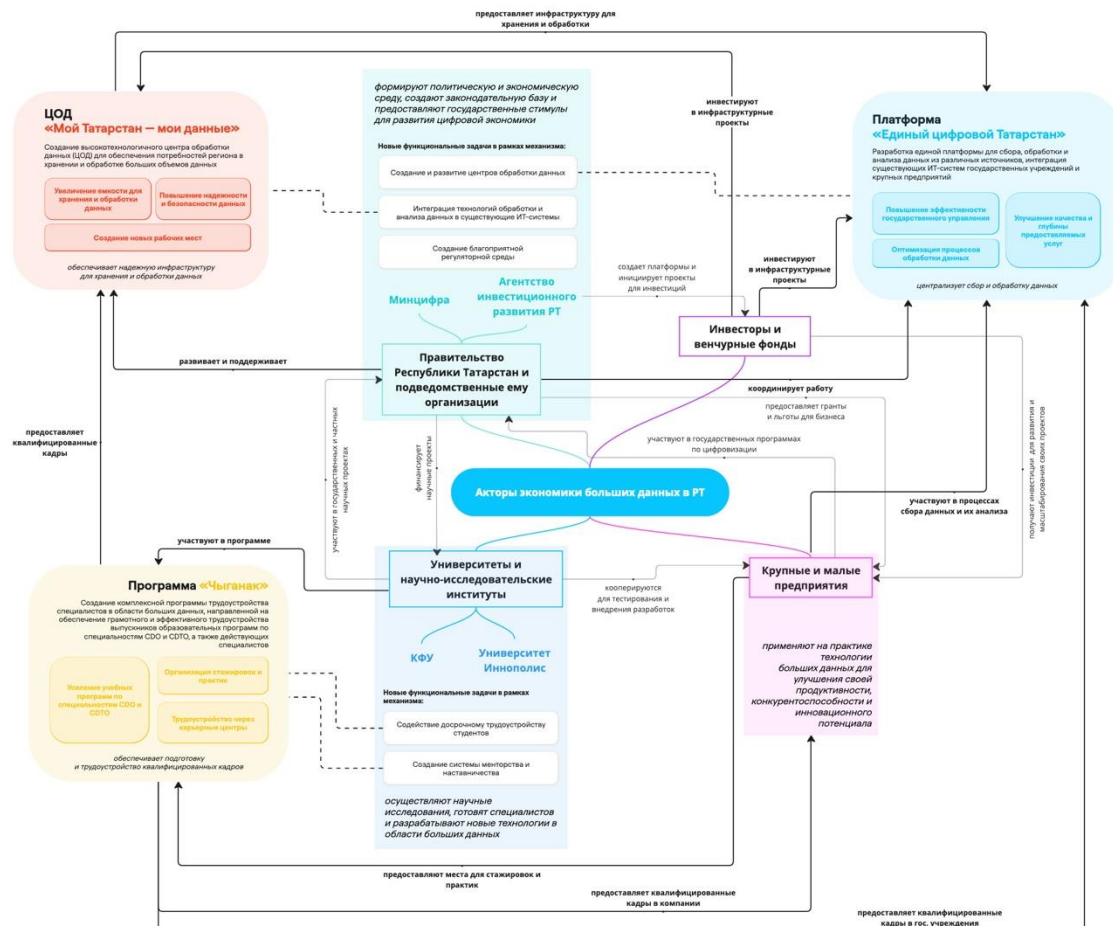


Рисунок. Механизм развития экономики больших данных в Республике Татарстан

Третьим важным аспектом является адаптация образовательных программ к запросам рынка и содействие трудоустройству специалистов. В рамках этого направления предполагается тесное сотрудничество с КФУ и Университетом Иннополис для улучшения образовательных программ и курсов, направленных на подготовку высококвалифицированных специалистов в области экономики больших данных. Это

позволит обеспечить регион квалифицированными кадрами, способными эффективно работать с большими данными и внедрять инновационные решения в различных секторах экономики. Кроме того, будет организовано сотрудничество с крупными и малыми предприятиями, государственными учреждениями для обеспечения стажировок и трудоустройства выпускников, что позволит им получить практический опыт и внести свой вклад в развитие экономики региона.

Для обеспечения устойчивого развития и эффективности предложенных инициатив, необходимо внедрение системы мониторинга KPI для инициатив по развитию ЭБД. Эта система позволит отслеживать ключевые показатели эффективности внедряемых проектов, что обеспечит своевременную корректировку стратегий и повышение результативности реализуемых проектов.

Каждый из предложенных проектов направлен на создание устойчивой и эффективной экономики больших данных в Республике Татарстан, что приведет к значительному улучшению экономической ситуации, росту числа рабочих мест и повышению качества жизни населения.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

Экономика больших данных в Республике Татарстан обладает значительным потенциалом для повышения экономической эффективности региона. Разработанная концепция предлагает конкретные стратегические направления и практические рекомендации, которые включают в себя создание и улучшение инфраструктуры данных, стимулирование инвестиций в технологические проекты и развитие образовательных программ по подготовке специалистов в области анализа данных.

Эти меры позволят не только укрепить технологическую базу региона, но и повысить его конкурентоспособность на национальном и международном уровнях. Внедрение предложенных инициатив обеспечит устойчивое развитие экономики Татарстана, создаст новые рабочие места и повысит качество жизни населения, а также послужит примером для других регионов, желающих развивать свои экономические и технологические возможности.

Выпускник

Осипова Алиса Андреевна
центр прикладной оптики
e-mail: osipova_alice@bk.ru

Научный руководитель

Кукушкин Дмитрий Евгеньевич
к.т.н., заведующий лабораторией
e-mail: dekukushkin@itmo.ru

УДК 520.2.066

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛЯРИЗАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ВЫХОДЯЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ В СИСТЕМАХ РАСШИРИТЕЛЯ ЛАЗЕРНОГО ПУЧКА С ФИКСИРОВАННЫМ УВЕЛИЧЕНИЕМ

Ключевые слова

Поляризация, поляризационный расчёт, расширитель лазерного пучка, линейный дихроизм, фазовое запаздывание.

Цели и задачи

В данной работе необходимо оценить влияние кривизны поверхности линз в системах расширения лазерного пучка на поляризационные свойства выходящего излучения. В результате необходимо рассчитать оптимальную систему по критериям волновых и поляризационных aberrаций. Критерии к системе: линейный дихроизм не более 0,015, СКО волнового фронта не более 1 длины волны, длина системы не превышает 120 мм.

Основная часть (методология, результаты)

Поляризационные свойства считаются по методу расширенных матриц Джонса [1]. Метод расширенных матриц Джонса заключается в расчёте для каждой поверхности оптической системы матрицы изменения вектора электрической напряжённости при помощи трёхмерной матрицы Джонса и матриц перевода из локальных координат s, p в глобальную x, y, z . Сингулярное разложение произведения матриц перевода систем координат и трёхмерных матриц Джонса даёт две унитарные матрицы и диагональную матрицу, диагональ которой состоит из двух сингулярных значений и единицы. Линейный дихроизм оптической системы можно вычислить как отношение разности квадратов сингулярных значений к их сумме. Фазовое запаздывание как разница фаз между двумя собственными состояниями поляризации, найденные с помощью собственных векторов трёхмерной матрицы Джонса всей системы. Интенсивность — это сумма квадратов амплитуд x, y, z -компонент выходного состояния поляризации, эллиптичность — отношение малой полуоси эллипса поляризации к большой [2].

В данной работе рассматриваются линзовые расширители лазерного пучка на основе телескопических систем Кеплера и Галилея в обратном ходе лучей [3] из стекла К8. Исходные системы считаются так, чтобы их СКО волнового фронта были равны, далее в них

фиксируется форма одного из двух компонентов и меняется форма второго, при неизменной толщине стекла на оси. Поляризационные свойства считаются для лучей на краю зрачка, и после анализа все системы находится оптимальная.

В ходе расчётов и исследования, выяснено, что оптимальная система с точки зрения волновых и поляризационных aberrаций — система Галилея с неизменным вторым компонентом с радиусами кривизны линз -33,11 мм, 15,704 мм, 58,34 мм, -64,86 мм, эскиз системы представлен на рисунке.

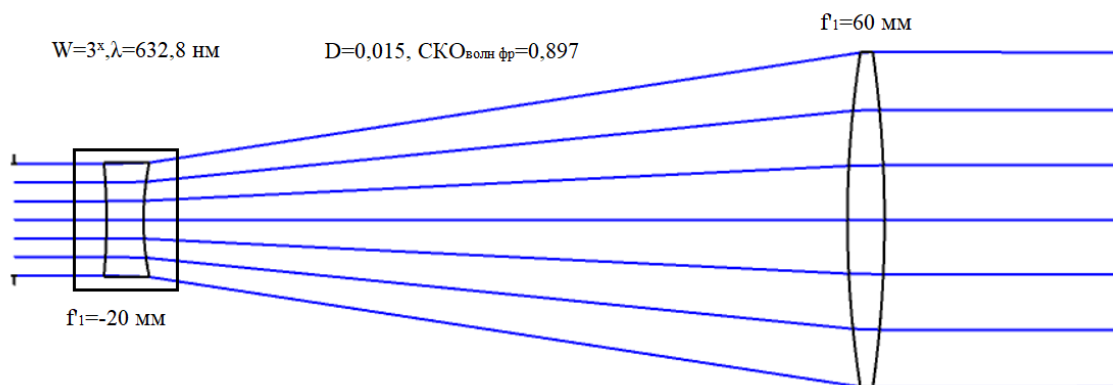


Рисунок. Оптимальная система

Также выяснено, что при уменьшении расстояния от главной оптической оси линейный дихроизм и фазовое запаздывание уменьшаются. Линейный дихроизм и фазовое запаздывание не зависят от угловой координаты на зрачке, в отличие от интенсивности и эллиптичности, так как они зависят от входного состояния поляризации, которое меняется при изменении угловой координаты.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В ходе работы рассчитаны линейный дихроизм, фазовое запаздывание, интенсивность и эллиптичность и исследовано влияние кривизны на них. В результате рассчитана оптимальная система по критериям волновых и поляризационных aberrаций— система Галилея с неизменным вторым компонентом. Также выяснена зависимость поляризационных свойств от координат на выходном зрачке.

В дальнейшем планируется провести эксперимент для выявления реальных зависимостей интенсивности и линейного дихроизма выходящего излучения в зависимости от форм линз.

Список использованных источников

1. Russell A. Chipman, Wai-Sze Tiffany Lam, Garam Young Polarized Light and Optical Systems- Boca Raton: Taylor & Francis, CRC Press, 2019. – 982 с.
2. Коротаяев В.В. Поляризационные приборы, 2012. – 104 с.
3. Laser Beam Expanders | Edmund Optics. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.edmundoptics.com/knowledge-center/application_notes/lasers/beam-expanders/ (дата обращения: 05.07.2024).

Выпускник

Осколкова Татьяна Олеговна

научно-образовательный центр фотоники и оптоинформатики

e-mail: to.oskolкова@itmo.ru

Научный руководитель

Орлова Анна Олеговна

д.ф.-м.н., профессор, г.н.с. центра "Информационные оптические технологии"

e-mail: a.o.orlova@itmo.ru

УДК 535.35

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РЕЛАКСАЦИИ ЭЛЕКТРОННОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ В НАНОКОМПОЗИТАХ НА ОСНОВЕ КВАНТОВЫХ ТОЧЕК AG-IN-S/ZNS И МОЛЕКУЛ ТЕТРАФЕНИЛПОРФИРИНА

Работа выполнена в рамках темы НИР №12444 «Люминесцирующие наноконпозиты с квантовыми точками для терапии и диагностики».

Ключевые слова

Бескадмиевые квантовые точки, наноконпозиты, кинетика люминесценции, безызлучательный перенос энергии, синглетный кислород.

Цели и задачи

Квантовые точки (КТ) – полупроводниковые нанокристаллы, в которых движение носителей заряда ограничено во всех трех пространственных направлениях [1]. За последние годы нанокристаллы на основе тройных полупроводниковых соединений I-III-VI, в частности КТ Ag-In-S, получили большую популярность как менее токсичная альтернатива классическим двойным КТ на основе соединений II-VI и IV-VI. Повышенный интерес к КТ тройных соединений обуславливается их отличительными оптическими характеристиками, к котором относится широкая полоса люминесценции (300–800 нм) в видимой и ближней инфракрасной спектральных областях [2]. Стоит отметить, что на данный момент до сих пор нет единой устоявшейся теории, описывающей природу широкой полосы люминесценции данных нанокристаллов. Так, люминесценция КТ тройных соединений может объясняться моделью самозахваченных экситонов, излучательной рекомбинацией донорно-акцепторных пар или рекомбинацией локализованной дырки и электрона проводимости [2, 3]. Кроме того, опубликовано не так много работ, где был бы проведен подробный анализ процессов релаксации электронного возбуждения, в частности переноса энергии, в системах на основе КТ тройных соединений. Таким образом, исследование переноса энергии в наноконпозитах с данными нанокристаллами, сопровождаемое оценкой применимости существующих моделей

их люминесценции, представляется актуальным направлением исследований. Целью данной работы стало выявление закономерностей релаксации электронного возбуждения в нанокompозитах на основе КТ тройных соединений Ag-In-S/ZnS (AIS) и молекул тетрафенилпорфирина (TPP).

Основная часть (методология, результаты)

Гидрофильные КТ AIS, стабилизированные глутатионом, были получены с помощью методики водного синтеза нанокристаллов тройных соединений [2]. В ходе работы была исследована зависимость оптических свойств КТ AIS от размера нанокристалла и, соответственно, ширины запрещенной зоны. Продемонстрировано, что при увеличении ширины запрещенной зоны наблюдается сдвиг полосы люминесценции КТ AIS в область больших энергий (рис. 1, а). Интересным оказалось то, что полуширина полосы люминесценции также зависит от ширины запрещенной зоны, а именно, наблюдается сужение спектра люминесценции при увеличении ширины запрещенной зоны или, соответственно, уменьшении размера нанокристалла (рис. 1, а). Данные результаты могут быть объяснены в рамках модели рекомбинации донорно-акцепторных пар [3]. В таком случае уменьшение размера нанокристалла приводит к ограничению возможных расстояний между дыркой и электроном, которые локализованы на дефектах, а следовательно, к ограничению их энергий кулоновских взаимодействий, что приводит к более узкому спектру люминесценции.

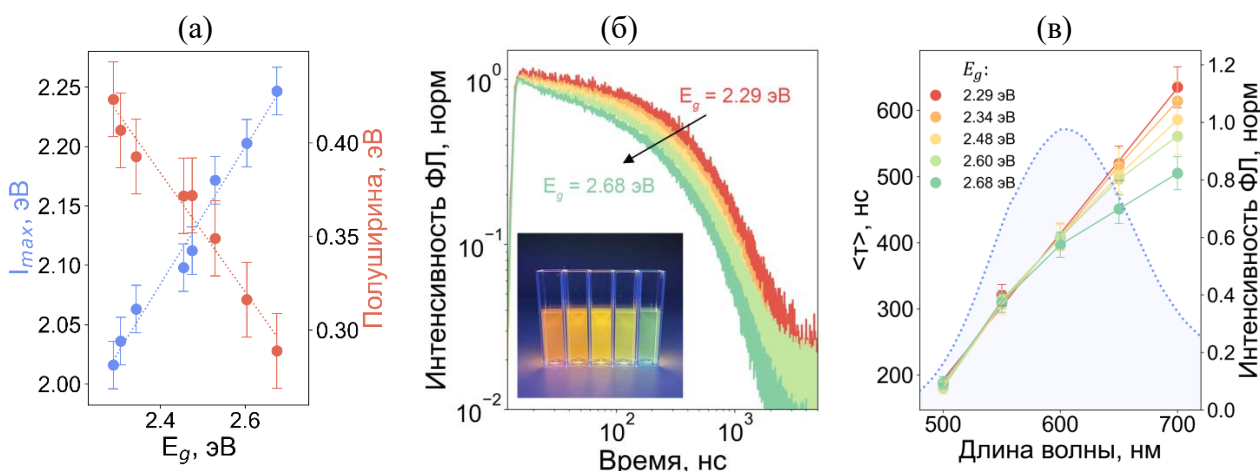


Рис. 1. (а) Зависимость максимума и полуширины полосы люминесценции КТ AIS от ширины запрещенной зоны; (б) кривые затухания люминесценции КТ AIS различного размера (на вставке представлено изображение исследуемых образцов); (в) зависимость времени затухания люминесценции от длины волны регистрации для КТ AIS различного размера (на графике также представлен спектр люминесценции КТ AIS)

Большой интерес представляет исследование размерно-зависимых люминесцентных свойств КТ AIS с помощью время-разрешенной люминесцентной спектроскопии. Так, были зарегистрированы кривые затухания люминесценции КТ различного размера с использованием линейки интерференционных фильтров. Продемонстрировано, что при увеличении ширины запрещенной зоны наблюдается существенное уменьшение среднего времени затухания люминесценции КТ (рис. 1, б).

Кроме того, получено, что КТ AIS демонстрируют ярко выраженную зависимость среднего времени затухания люминесценции от длины волны регистрации (рис. 1, в). Стоит отметить, что такая зависимость не наблюдается для большинства стандартных нанокристаллов двойных соединений, характеризующихся постоянными значениями времени затухания люминесценции на всей области регистрации. Более подробный анализ (рис. 1, в)

показал, что для КТ наибольшего размера наблюдается линейная зависимость времени затухания люминесценции от длины волны, а уменьшение размера нанокристалла приводит к отклонению данной зависимости от линейности в области меньших энергий. Полученные результаты также выступают в поддержку модели донорно-акцепторных пар [3]. Поскольку более близкорасположенные пары рекомбинируют быстрее, а более удаленные – медленнее, наблюдается зависимость времени затухания люминесценции от энергии или длины волны. Также можно выдвинуть предположение, что для КТ меньшего размера донорно-акцепторные пары, излучающие в красной части полосы люминесценции, локализованы близко к поверхности нанокристалла, что приводит к уменьшению их излучательной рекомбинации и, следовательно, отклонению зависимости от линейности.

Для исследования динамики переноса энергии были подготовлены нанокомпозиты, в состав которых вошли КТ AIS, молекулы TPP и полимерная матрица из хитозана (CS). На основе анализа оптических свойств, было получено, что при увеличении молярного соотношения компонент $n = C_{TPP}:C_{AIS}$ наблюдается тушение люминесценции КТ AIS и сенсibilизация люминесценции молекул TPP (рис. 2, а).

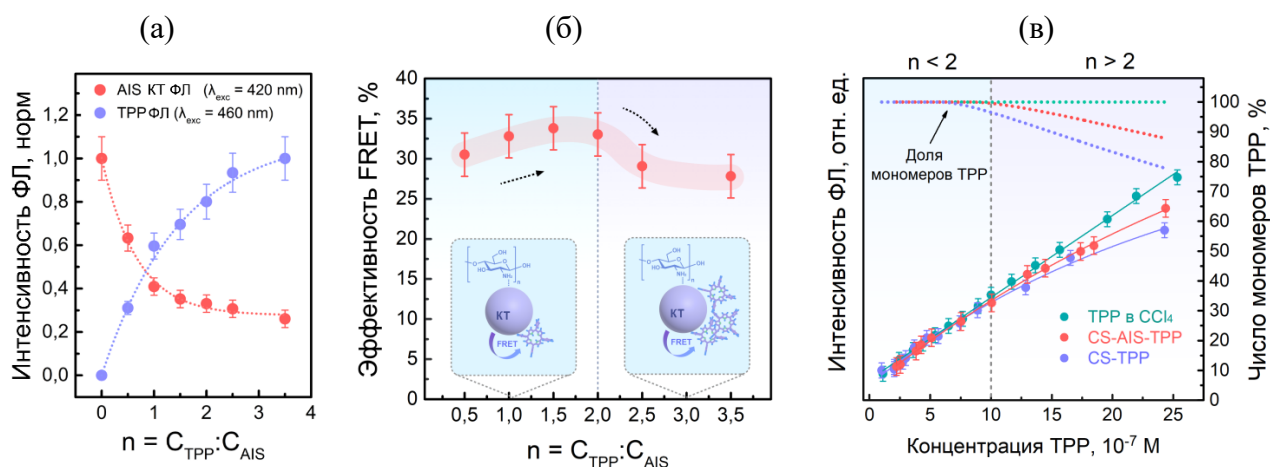


Рис. 2. (а) Зависимость интенсивности полосы люминесценции КТ AIS и молекул TPP от молярного соотношения компонент $n = C_{TPP}:C_{AIS}$; (б) зависимость эффективности переноса энергии по механизму FRET от молярного соотношения компонент $n = C_{TPP}:C_{AIS}$; (в) Зависимость интенсивности люминесценции в полосе на 660 нм и числа мономеров TPP от концентрации молекул TPP (длина волны возбуждения люминесценции 600 нм)

Данный результат свидетельствует о реализации безызлучательного переноса энергии от КТ AIS к молекулам TPP в системе. Как видно из рисунка 2, б, рассчитанные значения эффективности переноса энергии составляют более 30%, при этом при $n = C_{TPP}:C_{AIS} > 2$, наблюдается падение данных значений, которое может быть связано с формированием нелюминесцирующих агрегатов молекул TPP. На основе анализа зависимости интенсивности полосы люминесценции от концентрации молекул TPP было подтверждено, что агрегация возникает при значении $n = C_{TPP}:C_{AIS} > 2$ (рис. 2, в). В таком представлении агрегация молекул TPP является дополнительным каналом релаксации электронного возбуждения, который конкурирует с безызлучательным переносом энергии электронного возбуждения.

Детальный спектрально-разрешенный анализ кинетики люминесценции сформированных нанокомпозитов может дать представление о механизмах безызлучательных процессов, протекающих в системе. На основе результатов измерения времен затухания люминесценции нанокомпозитов была проведена оценка эффективности переноса энергии электронного возбуждения между КТ AIS и молекулами TPP на различных длинах волн (рис. 3, а). Продемонстрировано, что для нанокомпозитов наблюдаются различные значения эффективности в двух спектральных областях. Для объяснения данного результата была предложена модель существования нескольких излучательных состояний в КТ AIS, эффективность переноса энергии с которых будет отличаться. Данные состояния могут

образоваться между атомами в узлах или вакансиями и отвечать за донорно-акцепторные переходы.

Кроме того, в работе было показано, что за счет переноса энергии от КТ возможно увеличение генерации синглетного кислорода (СК) молекулами TPP (рис. 3, б), что свидетельствует о перспективности использования разработанного нанокompозита в практических применениях.

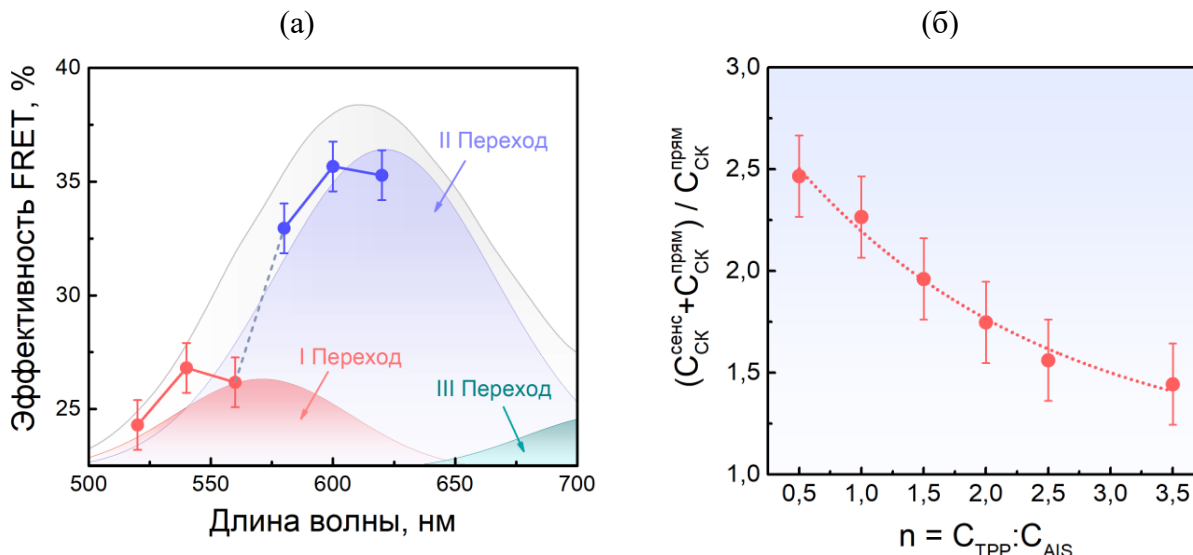


Рис. 3. а) Зависимость эффективности переноса энергии по механизму FRET от длины волны излучения (на графике также приведен спектр люминесценции КТ AIS, характеризующихся тремя излучательными переходами); б) зависимость относительного увеличения эффективности генерации СК нанокompозитами CS-AIS-TPP от молярного соотношения компонент $n = C_{TPP}:C_{AIS}$

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В результате работы был проведен подробный анализ процессов релаксации электронного возбуждения в КТ AIS и нанокompозитах на их основе. Продемонстрировано, что полуширина полосы люминесценции КТ AIS линейно уменьшается с уменьшением размера нанокристалла и, соответственно, увеличением ширины запрещенной зоны нанокристалла. Установлено, что КТ AIS демонстрируют ярко выраженную зависимость среднего времени затухания люминесценции от длины волны регистрации, характер которой отличается для нанокристаллов разного размера. Кроме того, в рамках работы впервые были разработаны нанокompозиты на основе КТ AIS и молекул тетрапиррольного ряда. Показано, что в нанокompозитах реализуется эффективный перенос энергии электронного возбуждения с нескольких излучательных состояний КТ AIS к молекулам TPP. Представлено фундаментальное описание механизма люминесценции КТ AIS, основанное на существовании нескольких излучательных переходов в рамках модели излучательной рекомбинации донорно-акцепторных пар. Наконец, в работе был представлен метод для оценки эффективности генерации синглетного кислорода молекулами TPP за счет переноса энергии электронного возбуждения от КТ AIS. Фундаментальные положения, представленные в работе, могут быть использованы в дальнейших исследованиях, посвященных нанокристаллам тройных соединений, которые уже сейчас находят применение в различных областях, в частности терапии и диагностики заболеваний, сенсорике и оптоэлектронике.

Список использованных источников

1. Ekimov A.I., Efros A.L., Onushchenko A.A. Quantum size effect in semiconductor microcrystals // *Solid State Communications*. – 1985. – V. 56. – №. 11. – Pp. 921–924.
2. Stroyuk O. et al. Origin and dynamics of highly efficient broadband photoluminescence of aqueous glutathione-capped size-selected Ag–In–S quantum dots // *The Journal of Physical Chemistry C*. – 2018. – Vol. 122. – №. 25. – Pp. 13648–13658.
3. Hamanaka Y. et al. Photoluminescence properties and its origin of AgInS₂ quantum dots with chalcopyrite structure // *The Journal of Physical Chemistry C*. – 2011. – Vol. 115. – №. 5. – Pp. 1786–1792.

Выпускник

Попова Мила Николаевна

факультет технологического менеджмента и инноваций

e-mail: pmila0302@gmail.com

Научный руководитель

Волков Александр Романович

старший преподаватель факультета технологического менеджмента и инноваций

e-mail: arvolkov@itmo.ru

УДК 65.016.7

**РАЗРАБОТКА СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ НАУЧНО-
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ЦЕНТРА ХИМИЧЕСКОЙ ИНЖЕНЕРИИ
УНИВЕРСИТЕТА ИТМО**

Ключевые слова

Стратегия развития, стратегическое управление, ключевые показатели эффективности, факторы, научно-образовательный центр.

Цели и задачи

В современном мире в условиях стремительного темпа изменения внешней среды возникает необходимость в создании эффективной и продуманной стратегии. Формирование стратегии помогает организациям быстро адаптироваться к изменениям макросреды; реагировать на трудности и новые возможности для роста; выявить конкурентные преимущества, которые могут выделить их среди конкурентов на рынке, и обеспечить стабильное и устойчивое развитие в долгосрочной перспективе. Целью является разработка стратегии развития научно-образовательного Центра химической инженерии Университета ИТМО. Задачи: исследовать теоретические подходы к разработке стратегии развития организации, составить характеристику научно-образовательного центра химической инженерии Университета ИТМО, определить ключевые показатели эффективности и оценить потенциал Центра, предложить мероприятия и сформулировать рекомендации по реализации стратегии, оценить эффективность предложенной стратегии развития.

Основная часть (методология, результаты)

Стратегия развития представляет собой комплекс последовательных мероприятий, необходимых для достижения развития путем определения направления развития, постановки целей и разумного распределения необходимых ресурсов экономической системы.

Для выявления этапов разработки и формирования стратегии развития научно-образовательного центра были рассмотрены материалы по стратегическому менеджменту [1], а именно подходы школы планирования, школы предпринимательства и школы культуры.

На основе синтеза идей трех школ стратегического менеджмента были сформулированы 6 этапов разработки стратегии, по которому была проделана данная работа: 1) определение видения и миссии – на этом этапе было проведено глубинное интервью с доцентом Центра – Фокиной М.И., на основе которого были выделены основные показатели эффективности, которые стали ориентиром для определения целей, задач и плана мероприятий разработки стратегии развития; 2) разработка целей; 3) стратегический анализ; 4) формирование стратегии развития (предложение мероприятий); 5) разработка стратегии развития (выбор наиболее эффективного способа достижения цели и определение ресурсов понадобятся для достижения целей); 6) контроль, корректирование и регулирование.

Центр химической инженерии – это многопрофильное подразделение в составе Мегафакультета Компьютерных технологий и управления. Научная деятельность Центра направлена на разработку новых материалов и технологий, для решения основных задач в области экологии, здравоохранения и медицины, сельского хозяйства и ресурсосберегающих технологий [2]. Университет ИТМО входит в топ-350 лучших университетов по дисциплине Химическая инженерия («QS World University Rankings by Subject: Chemical Engineering», 2024) [3].

Были изучены теоретические аспекты к разработке стратегии развития, ключевые функции Центра, научная и образовательная деятельность Центра и обзор научных стратегий Российской Федерации, Университета ИТМО и документов стратегического планирования ПАО «Газпром нефть». На основе глубинного интервью был сделан процесс целеполагания. Были проделаны анализ публикационной активности, оценка качества образования студентами ЦХИ ИТМО, оценка узнаваемости бренда ЦХИ ИТМО среди студентов Университета ИТМО и SWOT-анализ на базе изученных сильных и слабых сторон.

В третьей части работы были сформулированы главная цель, подцели и задачи для реализации стратегии развития. Для каждой задачи были предложены мероприятия и оценены риски вероятности и критичности возникновения рисков.

В таблице «Соотношение задач и показателей эффективности» показаны задачи, которые были поставлены для реализации стратегии, и показатели эффективности.

Таблица. Соотношение задач и показателей эффективности

Задачи	Показатели эффективности
Создание PR-команды	Узнаваемость бренда
	Набор и удержание студентов
	Количество партнерств с компаниями
Организация открытых лекций, воркшопов и научно-популярных мероприятий для школьников, студентов других подразделений и общественности	Узнаваемость бренда
	Набор и удержание студентов
	Количество партнерств с компаниями
Привлечь научных сотрудников и молодых исследователей через конкурсные гранты и привлекательные условия труда	Узнаваемость бренда
	Уровень трудоустройства
Создание совместных образовательных и исследовательских программ с иностранными вузами	Скорость создания новых продуктов
	Публикационная активность
	Количество партнерств с компаниями
	Узнаваемость бренда
	Качество образования в ЦХИ ИТМО
Привлечение кадров на долгосрочной или краткосрочной основе через ИТМО Fellowship	Скорость создания новых продуктов
	Публикационная активность
	Вовлеченность и удовлетворенность студентов
	Качество образования в ЦХИ ИТМО

Научно-образовательный центр химической инженерии демонстрирует высокую эффективность деятельности и обладает уникальными ресурсами и возможностями. При правильном и последовательном выполнении всех этапов и учете всех особенностей разработки стратегии развития для научно-образовательных центров, можно найти новые возможности роста и сформировать стратегию, обеспечивающее долгосрочное и устойчивое развитие Центра химической инженерии.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В ходе работы была разработана стратегия развития научно-образовательного центра химической инженерии Университета ИТМО. Были изучены ключевые функции Центра, научная и образовательная деятельность Центра, а также научные стратегии Российской Федерации, Университета ИТМО и «Газпром нефть». Были проведены анализ публикаций, оценка качества образования и узнаваемость бренда Центра. Также был проведен SWOT-анализ. На основе интервью были определены цели. В третьей части работы были сформулированы главная цель, подцели и задачи для реализации стратегии развития. Для каждой задачи были предложены мероприятия и оценены риски.

Так как в данной работе была стратегия развития была рассмотрена с образовательной и научной стороны деятельности Центра химической инженерии, в дальнейшей работе планируется рассмотреть с перспективы других направлений развития, а также реализовать разработанную стратегию развития.

Список использованных источников

1. Демидовец В.П. Инструменты стратегического менеджмента. Тема 3.: конспект-презентация для студентов экономических специальностей / В.П. Демидовец. – 2014. – 29 с.
2. Центр химической инженерии. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://itmo.ru/ru/viewdepartment/496/centr_himicheskoy_inzhenerii.htm (дата обращения: 20.02.2024).
3. Позиции в рейтингах. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://itmo.ru/ru/ratings/ratings.htm> (дата обращения: 20.02.2024).

Выпускник

Потапова Полина Алексеевна

факультет безопасности информационных технологий

e-mail: potarova.polia2002@yandex.ru

Научный руководитель

Гирик Алексей Валерьевич

к.т.н., доцент факультета безопасности информационных технологий

e-mail: avg@itmo.ru

УДК 004.457

**РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО СРЕДСТВА ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ
УГРОЗАМ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ОСНОВЕ
ДИНАМИЧЕСКОЙ НАСТРОЙКИ ПАРАМЕТРОВ КОНТРОЛЬНЫХ
ГРУПП ПРОЦЕССОВ В ОПЕРАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ LINUX**

Ключевые слова

Операционная система Linux, процессы, механизм контрольных групп (cgroups), виртуальная псевдофайловая система procfs, обнаружение аномалий, реагирование на аномалии.

Цели и задачи

В последние годы повышенное внимание к сфере информационных технологий привело к увеличению числа угроз информационной безопасности. Это актуально в свете распространения вредоносного программного обеспечения (ПО), в особенности майнеров, которые стали одной из проблемных и беспокоящих тенденций в данном контексте. Майнеры и другое вредоносное ПО могут быть детектированы, исходя из их поведения и особенностей потребления вычислительных ресурсов. В связи с этим встает задача противодействия такому вредоносному ПО с целью повышения уровня защищенности системы посредством обнаружения и реагирования на аномалии в работе процессов в операционной системе Linux.

Основная часть (методология, результаты)

Одна из самых важных абстракций в операционной системе Linux — это процесс. Процесс — это экземпляр выполняемой программы, включая текущие значения счетчика команд, регистров и переменных [1]. Процесс ассоциирован с различными системными ресурсами, которые выделяются и управляются планировщиком. Контролировать доступные процессу ресурсы возможно с помощью механизма контрольных групп (cgroups). Механизм cgroups состоит из двух частей – ядро и контроллеры. Ядро отвечает за организацию процессов

в единую иерархию, а контроллеры – за распределение ресурсов по этой иерархии [2]. Каждый контроллер отвечает за определенный ресурс, например процессорное время, память или ввод-вывод. Как правило, cgroups используются в системах контейнеризации, таких как LXC или Docker, но в рамках данной работы рассматривается новый сценарий использования механизма контрольных групп: динамическое ограничение вычислительных ресурсов аномальных процессов.

Для обнаружения аномальных процессов используется метод k-ближайших соседей. Данный метод является примером алгоритма классификации и входит в десятку алгоритмов интеллектуального анализа данных, оказавших наибольшее влияние в исследовательском сообществе [3]. Он позволяет не только классифицировать процесс, основываясь на его метриках, но и подбирать ограничения, устанавливаемые в cgroups, на основе метрик, которые соответствуют процессам обучающей выборки с допустимым поведением. В качестве метрик выбраны процессорное время, память и количество дочерних процессов. В качестве функции расстояния использовалось манхэттенское расстояние, поскольку оно подходит для использования наборов данных, чья размерность больше двух.

При проектировании программной реализации, которая получила название cgjail, были выделены два модуля – доверенный модуль и модуль реагирования. Доверенный модуль реализован в качестве скрипта на языке программирования Python и используется для сбора и обработки метрик и обучения модели. Подготовленная модель помещается в доверенное хранилище. Для первичного сбора метрик используется псевдофайловая система procfs. Модуль реагирования реализован на языке программирования Rust с интеграцией Python и запускается в качестве демона, что позволяет ему непрерывно вести мониторинг процессов в системе. Модуль реагирования самостоятельно выбирает процессы для мониторинга, основываясь на доступных ему моделях. Как только модуль реагирования замечает аномальный процесс, то он создает для него персонализированную контрольную группу с названием <имя_процесса>_jail, настраивает контроллеры ресурсов исходя из модели и помещает туда процесс.

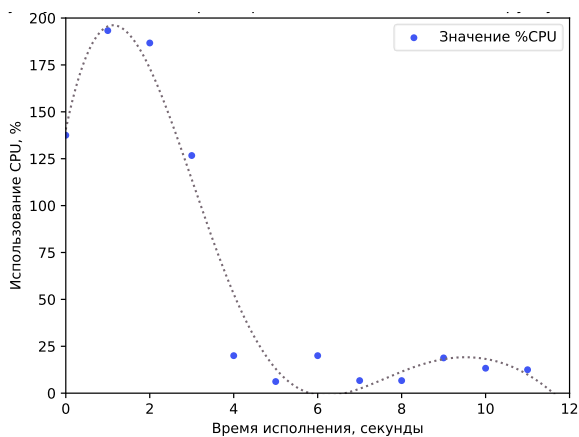


Рис. 1. Нелегитимное использование oha

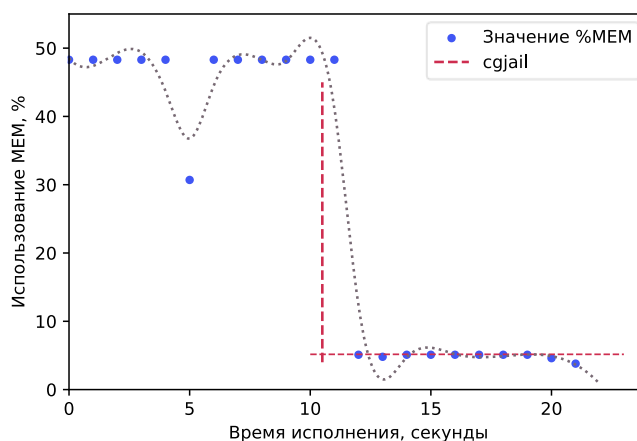


Рис. 2. Изменения потребления процессом памяти

Для проверки работоспособности подхода и программного средства использовалась утилита oha – профайлер производительности HTTP веб-сервисов, а также stress, которая накладывает нагрузку на систему согласно заданным параметрам. Обучение модели с помощью доверенного модуля производилась для утилиты oha [4]. В последствии эта легитимная утилита подменялась stress. Когда утилита oha не проявляла признаков аномального поведения, программное средство никак не влияло на ее исполнение. Однако, запуск oha с большими значениями производимых подключений и отправленных пакетов – это недопустимое поведение и может оказать большую нагрузку на систему. В таком случае программное средство заметило изменение поведения и поместило oha в контрольную группу.

Данная ситуация проиллюстрирована на рисунке 1: изначально она потребляла почти все два ядра системы, что было замечено разработанным программным средством. После заключения oha в контрольную группу, потребление процессорного времени уменьшилось примерно 8 раз.

Далее была произведена подмена утилиты oha на утилиту stress, запущенную для симуляции аномального потребления памяти путем аллоцирования и освобождения 1 Гб с интервалом в 1 секунду. После запуска stress производился запуск программного средства, которое сразу же обнаруживало аномальные паттерны потребления памяти и помещало процесс в контрольную группу, что снижало нагрузку на память системы почти в 10 раз, что отображено на рисунке 2.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В ходе работы было разработано программное средство, состоящее из двух модулей: доверенный модуль позволяет подготовить данные и натренировать модель для определения аномальных процессов, а модуль реагирования осуществляет мониторинг процессов и реагирование на обнаруженные в их поведении аномалии путем динамической настройки параметров контрольной группы. В ходе эксперимента было подтверждена работоспособность программного средства: оно корректно детектировало аномальные процессы и реагировало на них. Кроме того, разработанное программное средство никак не влияло на работу процессов, за которыми не было обнаружено аномальное поведение. Эксперимент проводился с использованием стенда с виртуальной машиной Kali Linux 2023.2 с двумя ядрами и 2 Гб оперативной памяти.

В дальнейшей работе планируется повышение качества и устойчивости к ошибкам первого и второго рода модели машинного обучения для обнаружения аномальных процессов.

Список использованных источников

1. Лав Р. Linux. Системное программирование. 2-е изд. – СПб.: Питер, 2016. – 448 с.
2. Control Group v2 — The Linux Kernel documentation. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.kernel.org/doc/html/latest/admin-guide/cgroup-v2.html> (дата обращения: 15.02.2024).
3. Wu X., Kumar V., Quinlan R. Top 10 algorithms in data mining // Knowledge and Information Systems. – 2007. – Vol. 14. – Pp. 1–37.
4. hato0/oha. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://github.com/hato0/oha> (дата обращения: 01.04.2024).

Выпускник

Провоторов Роман Анатольевич

факультет безопасности информационных технологий

e-mail: rprovotorov@mail.ru

Научный руководитель

Канжелев Юрий Алексеевич

к.т.н., доцент факультет безопасности информационных технологий

e-mail: kanzhelev@gmail.com

УДК 004.056

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ МНОГОУРОВНЕВОГО РАЗГРАНИЧЕНИЯ
ДОСТУПА В СИСТЕМЕ ЗАЩИТЫ ОБЪЕКТА КРИТИЧЕСКОЙ
ИНФРАСТРУКТУРЫ**

Ключевые слова

Многоуровневое разграничение доступа, системы защиты объекта, критическая информационная инфраструктура, безопасность информации, уровни доступа, контроль доступа.

Цели и задачи

Многоуровневое разграничение доступа (МУРД) представляет собой концепцию информационной безопасности, основанную на идее создания нескольких уровней доступа к данным и ресурсам в информационной системе. Целью этого подхода является обеспечение контроля за доступом к информации в зависимости от уровня секретности или важности данных, а также от уровня привилегий пользователей. Целью данной работы является повышение эффективности защиты информации и минимизации рисков безопасности на основе разработки методики многоуровневого разграничения доступа в системах защиты объекта критической инфраструктуры. Для достижения данной цели были выделены следующие задачи:

1. Провести анализ законодательных актов Российской Федерации и нормативных требований в области информационной безопасности, касающихся защиты критических инфраструктурных объектов.
2. Проанализировать основные принципы многоуровневого разграничения доступа и их применимость к системам защиты объектов критической инфраструктуры.
3. Исследовать возможности операционных систем Windows и Linux без использования дополнительного программного обеспечения для реализации методики многоуровневого разграничения доступа.
4. Изучить существующие программные средства для многоуровневого контроля доступа и их применимость к объектам критической инфраструктуры.
5. Разработать интегрированную методику многоуровневого разграничения доступа, учитывающую особенности объекта критической инфраструктуры.

6. Разработать методику и практические рекомендации по внедрению и эксплуатации разработанной методики для обеспечения безопасности объектов критической инфраструктур.

Основная часть (методология, результаты)

В ходе выполнения работы был проведен подробный анализ основных аспектов многоуровневого разграничения доступа. Было решено строить методику с использованием концепции Zero Trust [1], основывающуюся на пересмотре полномочий пользователем перед выполнением каждого нового действия и работающую на основе белых списков. Также был выполнен анализ современных методов аутентификации, из которых наиболее защищенным и функциональным оказался метод многофакторной аутентификации, базирующийся на использовании двух и более простых методов аутентификации [2]. Именно этот метод подходит под нужды защиты объекта критической инфраструктуры, так как он имеет высокую безопасность и гибкость, что позволит настроить систему аутентификации конкретного объекта наиболее эффективно. Заключительным проанализированным аспектом был мониторинг и аудит доступа — это процессы, направленные на отслеживание действий пользователей в информационных системах с целью обеспечения безопасности, выявления аномалий, анализа событий и ведения подробного журнала действий [3].

Следующим шагом работы было изучение возможностей операционных систем Windows и Linux для построения системы многоуровневого разграничения доступа. И Windows, и Linux обладают возможностями построения системы, однако их базовый функционал очень ограничен и не обладает возможностями, которые требуют нормативно правовые акты, связанные с защитой объектов критической информационной инфраструктуры. Хотя их функционал и слаб, однако без его изучения невозможно построить грамотную систему.

Заключительным шагом анализа являлся выбор стороннего программного обеспечения для использования в системе многоуровневого разграничения доступа. Был проведен анализ как программного обеспечения для операционной системы Windows, так и для Linux. Было решено разрабатывать методику на основе использования Secret Net - средства защиты данных и контроля безопасности конечных точек, разработанное отечественной компанией “Код Безопасности”, основной задачей которого является защита информации от несанкционированного доступа. В качестве операционной системы была выбрана Astra Linux – российского дистрибутив Linux, основанного на 10 ревизии Debian. Начиная с 2022 года, в связи с санкциями, большинство государственных учреждений пользуются именно Astra Linux.

После проведения анализа была разработана методика, включающая в себя четыре основных блока:

1. Определение уровней доступа.
2. Определение уровней конфиденциальности и уровней важности информации.
3. Разработка гибридной модели доступа.
4. Внедрение системы мониторинга и аудита.
5. Обучение персонала.

Графическое и более подробное представление методики можно увидеть на рисунке.

Для использования в системе защиты объекта критической инфраструктуры рекомендуется использовать операционную систему Astra Linux, так как в ней “с коробки” присутствует необходимый функционал по разграничению доступа, включая возможность настройки RBAC, MAC и DAC, которые можно использовать как в связке друг с другом, так и по отдельности, что позволит грамотно настроить систему безопасности конкретного объекта защиты, в зависимости от его потребностей и уровня подготовки инфраструктуры. Более того, операционная система обладает необходимыми для критической инфраструктуры сертификатами и уже используется на большинстве объектов. Дополнительно на

операционную систему рекомендуется поставить Secret Net lsp, так как она дает более обширный функционал по администрированию и журналированию системы. Также, в случае использования на объекте АРМ, на которых установлена операционная система семейства Windows (не только версии для рабочих мест, но и server) на них необходимо поставить Secret Net Studio чтобы объединить экосистему в одну сеть и журналировать события как с Linux, так и с Windows. В дополнение к этому Secret Net Studio расширяет возможность системы по аутентификации и учету съемных носителей, а также дополняет делегирование возможностей пользователя.

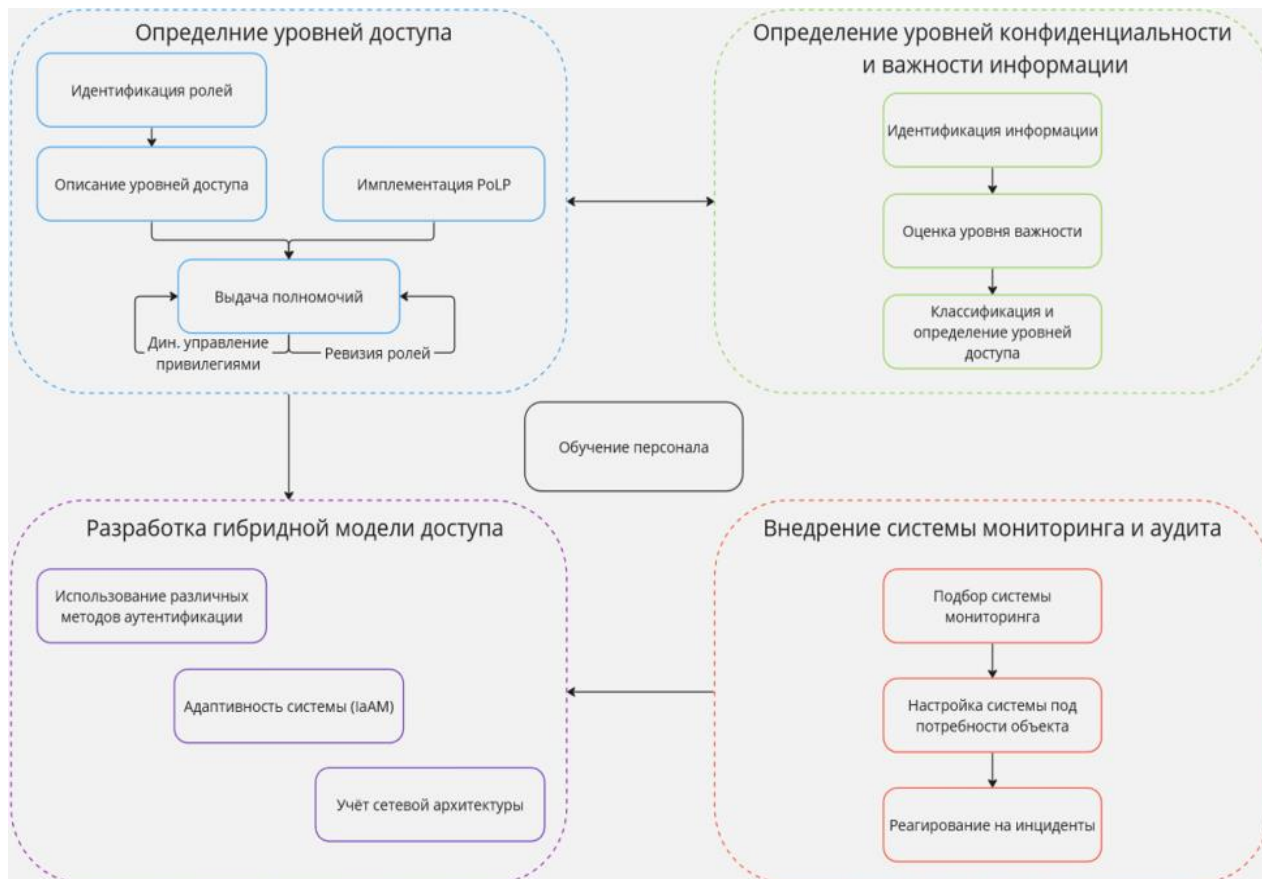


Рисунок. Графическое представление методики

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

После проведения тщательного исследования была создана методика и практические рекомендации для ее внедрения и использования в существующую систему защиты объекта. Эта методика предназначена для улучшения безопасности объекта и предотвращения любых потенциальных угроз.

Для оценки эффективности разработанной методики был проведен сравнительный анализ с аналогичными методиками. В результате этого анализа были сделаны выводы, что система, разработанная в соответствии с методикой, будет соответствовать 2 классу защищенности. Это означает, что она будет обеспечивать высокий уровень безопасности и будет способна эффективно противостоять большинству видов угроз. Кроме того, было выявлено, что методика обеспечивает на 57% большее покрытие аспектов информационной безопасности, чем аналогичная зарубежная методика, что означает, что разработанная методика более полно учитывает различные аспекты безопасности и предоставляет более широкий спектр мер защиты, чем существующие аналоги.

Таким образом, методика является эффективным решением для улучшения безопасности объекта и предотвращения угроз. Ее внедрение и использование в системе защиты объекта позволит повысить уровень безопасности и обеспечить более надежную защиту от любых видов угроз.

Список использованных источников

1. Kaspersky, Концепция безопасности Zero Trust: преимущества и принцип работы. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.kaspersky.ru/resource-center/definitions/zero-trust> (дата обращения: 23.02.2024).
2. Аутентификация. Теория и практика обеспечения безопасного доступа к информационным ресурсам. - Москва: Высшая школа, 2019. – 552 с.
3. Какие проблемы может выявить аудит прав доступа и что с этим делать? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/companies/solarsecurity/articles/538160/> (дата обращения: 10.03.2024).

Выпускник

Салтанович Анастасия Евгеньевна

факультет технологического менеджмента и инноваций

e-mail: Saltanovica@gmail.com.

Научный руководитель

Павлова Елена Александровна

к.э.н., доцент факультета технологического менеджмента и инноваций

e-mail: epavlova@itmo.ru

УДК 378.14

**ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ОСНОВЕ
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОНСТРУКТОРА ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ
ПРОГРАММ**

Ключевые слова

Образовательная программа, оптимизация процесса, бизнес-процесс, проектирование образовательной программы.

Цели и задачи

Целью исследования является разработка предложений по совершенствованию конструктора образовательных программ на примере разработки рабочего плана дисциплины (РПД) для оптимизации процесса проектирования, улучшения качества и эффективности образовательного процесса, а также сокращения временных затрат.

Основные задачи:

1. Изучить теоретические основы предметной области проектирования образовательной деятельности.
2. Проанализировать основные функциональные возможности конструктора образовательных программ университета ИТМО.
3. Определить особенности и недостатки текущего бизнес-процесса разработки рабочей программы дисциплины (AS-IS).
4. Обосновать необходимость совершенствования конструктора образовательных программ.
5. Разработать предложения по улучшению бизнес-процесса разработки рабочих программ дисциплин (РПД) «ТО-ВЕ».
6. Оценить эффективность предложенных решений по проектированию образовательной программы на примере разработки рабочей программы дисциплины.

Основная часть (методология, результаты)

Исследование посвящено оптимизации процессов проектирования образовательной деятельности посредством совершенствования конструктора образовательных программ университета ИТМО, направлено на выявление текущих проблем в разработке рабочих планов дисциплин (РПД) и предложение эффективных решений для их устранения. Особое внимание уделено анализу существующего бизнес-процесса, выявлению его недостатков и разработке новых методологических подходов для повышения качества и эффективности образовательных программ.

Для достижения целей исследования использовались качественные методы, включающие эмпирические и теоретические подходы. Применялись такие методы, как описание, сравнение, собеседование, моделирование и прототипирование [1]. Основные данные были получены через опросы разработчиков РПД и экспертов, глубинные интервью с участниками процесса, а также анализ отзывов и комментариев пользователей. Всего было использовано более 30 комментариев и проведено шесть глубинных интервью.

Исследование выявило ключевые проблемы в текущем бизнес-процессе разработки РПД [2], такие, как потеря документов, значительные временные затраты и ошибки при внесении корректировок. В рамках работы предложены следующие улучшения:

1. Автоматизация выгрузки и отправки файлов на подписание.
2. Автоматическая загрузка файлов в банк дисциплин после подписания.
3. Разработка нового, более функционального и удобного пользовательского интерфейса [3].
4. Создание инструкций по заполнению разделов программы.

Внедрение предложенных улучшений ожидается сократить время обработки документов на 10 минут для каждого файла РПД и уменьшить время заполнения разделов РПД на 6–8 минут. Кроме этого, планируется улучшение стабильности работы конструктора и повышение удовлетворенности пользователей.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

Оптимизация процесса проектирования образовательных программ приведет к повышению эффективности работы с документами, упрощению взаимодействия между участниками процесса и сокращению временных затрат. В дальнейшем планируется проведение дополнительных исследований для оценки долгосрочного влияния предложенных улучшений на качество образовательного процесса и удовлетворенность пользователей. Перспективным направлением является интеграция конструктора образовательных программ с другими информационными системами университета для создания удобной и комфортной платформы управления образовательной деятельностью.

Список использованных источников

1. Костас В., Тивари А, Маджид Б. Анализ и оптимизация бизнес-процессов: за пределами реинжиниринга // Транзакции IEEE по системам, человеку и кибернетике, Часть С (Приложения и обзоры). – 2007. – №. 38.1. – С. 69–82.
2. Репин В. Моделирование в нотации BPMN. Пособие для начинающих. Часть 1 – Москва, 2019 г. – С. 15–44, 95–102.
3. Новичков Д.Ю. Международный стандарт доступности веб-контента WCAG 2.0 и рекомендации по разработке качественных веб-сайтов государственных учреждений с учетом требований доступности для инвалидов // Информационное общество. – 2010. – №. 1. – С. 66–72.

Выпускник

Секерин Антон Вячеславович

факультет технологического менеджмента и инноваций

e-mail: antuciu@mail.ru

Научный руководитель

Волков Александр Романович

старший преподаватель факультета технологического менеджмента и инноваций

e-mail: arvolkov@itmo.ru

УДК 65.016.7

ТЕХНОЛОГИИ И СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ЦЕНТРОВ НА ПРИМЕРЕ ЦЕНТРА ХИМИЧЕСКОЙ ИНЖЕНЕРИИ УНИВЕРСИТЕТА ИТМО

Ключевые слова

Стратегия развития, стратегическое управление, планирование, трансфер знаний, показатели эффективности, критичность рисков, научно-образовательный центр.

Цели и задачи

Целью является разработка стратегии развития научно-образовательного Центра химической инженерии Университета ИТМО. Результаты исследования помогут оптимизировать работу научно-образовательных центров, повысить их эффективность и улучшить качество образования в данной области. Задачи: исследовать теоретические подходы к разработке стратегии развития организации, составить характеристику научно-образовательного центра химической инженерии Университета ИТМО, определить ключевые показатели эффективности и оценить потенциал Центра, предложить мероприятия и сформулировать рекомендации по реализации стратегии, рассчитать эффективность предложенной стратегии развития.

Основная часть (методология, результаты)

Стратегия развития представляет собой сложный и многогранный процесс, являющийся ключевой частью планирования и управления в различных сферах, обеспечивая долгосрочное и устойчивое развитие выбранного объекта [1]. Согласно положениям школы предпринимательства, фундаментом разработки стратегии служат следующие принципы:

- 1) стратегия существует в сознании руководителя как перспектива развития организации и её будущего,
- 2) руководитель формирует стратегию на основе собственного опыта и предчувствия,

Бюллетень работ конкурса «Научный Эверест» Университета ИТМО

независимо от того, идея является плодом его сознания или была вдохновлена источниками извне,

- 3) руководитель увлеченно продвигает свое видение, контролируя её осуществление и внося своевременные коррективы,
- 4) стратегическое предвидение гибкое, а предпринимательская стратегия одновременно продуманная, неожиданная и развивающаяся с учётом изменений внешних обстоятельств,
- 5) предпринимательская организация гибкая, так как представляет собой быстро реагирующую на указания руководителя структуру,
- 6) предпринимательская стратегия направлена на поиск новых возможностей [2].

Таблица. Соотношение показателей эффективности и задач

Показатели эффективности	Задачи
Узнаваемость бренда	<ol style="list-style-type: none"> 1) принимать участие в отраслевых выставках и конференциях для демонстрации научных достижений и технологий; 2) разработать и реализовать комплексную маркетинговую стратегию для продвижения ЦХИ ИТМО; 3) участвовать в международных исследовательских конференциях и проектах для обмена опытом и получение новых знаний; 4) учредить на базе ЦХИ ИТМО технологические инкубаторы и акселерационные программы для поддержки как внутренних, так и внешних стартапов и инновационных проектов
Скорость создания новых продуктов	<ol style="list-style-type: none"> 1) учредить специализированные венчурные фонды для инвестиций в перспективные проекты
Количество партнерств с компаниями	<ol style="list-style-type: none"> 1) принимать участие в отраслевых выставках и конференциях для демонстрации научных достижений и технологий; 2) установить партнерства с ведущими российскими университетами или компаниями для реализации совместных образовательных программ; 3) создать совместные исследовательские проекты с участием бизнеса для решения актуальных проблем индустрии
Денежный поток по основной деятельности	<ol style="list-style-type: none"> 1) установить партнерства с ведущими российскими университетами или компаниями для реализации совместных образовательных программ; 2) создать совместные исследовательские проекты с участием бизнеса для решения актуальных проблем индустрии
Качество образования в ЦХИ ИТМО	<ol style="list-style-type: none"> 1) разработать и внедрить учебные модули, основанные на реальных индустриальных кейсах и проектах; 2) внедрить современные лабораторные работы и практические занятия с использованием нового оборудования и технологий; 3) участвовать в международных исследовательских конференциях и проектах для обмена опытом и получение новых знаний
Набор и удержание студентов	<ol style="list-style-type: none"> 1) учредить специализированные венчурные фонды для инвестиций в перспективные проекты; 2) разработать и реализовать комплексную маркетинговую стратегию для продвижения ЦХИ ИТМО
Вовлеченность и удовлетворенность студентов	<ol style="list-style-type: none"> 1) разработать и внедрить учебные модули, основанные на реальных индустриальных кейсах и проектах; 2) внедрить современные лабораторные работы и практические занятия с использованием нового оборудования и технологий; 3) учредить на базе ЦХИ ИТМО технологические инкубаторы и акселерационные программы для поддержки как внутренних, так и внешних стартапов и инновационных проектов

Для лучшего понимания потребностей и зон роста при разработке стратегии развития Центра химической инженерии ИТМО был произведен анализ Центра на предмет научного, академического и предпринимательского потенциала, а также, было проведено глубинное интервью с доцентом Центра – Фокиной М.И. На основе глубинного интервью были выделены основные показатели эффективности, которые стали ориентиром для определения целей, задач и плана мероприятий разработки стратегии развития.

Центр химической инженерии ИТМО продемонстрировал высокую эффективность деятельности и обладает уникальными ресурсами и возможностями. При правильной последовательности разработки и учета всех факторов, влияющих на внутренние процессы организации, можно более глубоко изучить ее потенциал, выявить перспективы развития и разработать план дальнейших действий для достижения определенных долгосрочных целей.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В ходе работы была разработана стратегия развития ЦХИ ИТМО, предусматривающая реализацию комплекса мероприятий, направленных на укрепление образовательного и научного потенциала центра. Детализация каждой цели через чётко определённые задачи позволяет определить пути достижения этих целей, что способствует последовательному и эффективному развитию центра. Были предложены конкретные мероприятия, произведён анализ рисков и предложены способы управления ими, а также определены параметры для оценки эффективности реализации стратегии развития.

Список использованных источников

1. Философский энциклопедический словарь. — М.: Советская энциклопедия. Гл. редакция: Л.Ф. Ильичёв, П.Н. Федосеев, С.М. Ковалёв, В.Г. Панов. – 1983. – 839 с.
2. Демидовец В.П. Инструменты стратегического менеджмента. Тема 3.: конспект-презентация для студентов экономических специальностей. – 2014. – 29 с.

Выпускник

Семьнин Максим Сергеевич

научно-образовательный центр фотоники и оптоинформатики

e-mail: Semyninms@gmail.com

Научный руководитель

Рождественский Юрий Владимирович

д.ф.-м.н., профессор международной научно-образовательной центра физики наноструктур

e-mail: rozd-yu@mail.ru

УДК 531.391

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАНСЛЯЦИОННОЙ ДИНАМИКИ МИКРО-
И НАНООБЪЕКТОВ В ТРЕХМЕРНОЙ ОКТУПОЛЬНОЙ
ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКОЙ ЛОВУШКЕ**

Работа выполнена в рамках темы НИР №422064 «Проектирование трехмерной октупольной ловушки для локализации ионных квазикулоновских структур».

Ключевые слова

Трехмерная октупольная электродинамическая ловушка, кулоновские кристаллы, квазикулоновские структуры, численное моделирование динамики, квантовые процессоры.

Цели и задачи

Электродинамические ловушки являются универсальным средством долговременного удержания заряженных микро- и наночастиц в ограниченном пространстве. Особый интерес к электродинамическим ловушкам проявлен в области квантовых вычислений [1–3]. Одной из физических платформ для проведения квантовых вычислений являются квантовые процессоры на плененных ионах. Однако, в настоящее время не построен мощный квантовый процессор на плененных ионах с большим количеством квантово-запутанных ионов-кубитов. Одной из причин, ограничивающей максимальное количество квантово-запутанных заряженных частиц, является использование устаревшей архитектуры двумерных квадрупольных ловушек Пауля. Обычно для локализации ионов используются линейные квадрупольные электродинамические ловушки с запирающими электродами. Такое техническое решение приводит к деформации идеального квадрупольного поля ловушки и ограничению максимального числа квантово-запутанных ионов-кубитов. Возможным решением описанной проблемы может являться переход к новому типу архитектуры квантовых процессоров на базе трехмерной октупольной электродинамической ловушки [4, 5]. В таких ловушках локализация ионов происходит сразу по трем трансляционным степеням свободы в изолированных локальных потенциальных минимумах с формированием квази-

кулоновской ионной структуры. Между тем, на сегодняшний день настоящий тип ловушек не был реализован. Таким образом, целью настоящей работы стало исследование трансляционной динамики микро- и нанообъектов в трехмерной октупольной электродинамической ловушке для определения ее физического облика, необходимого для реализации ловушки.

Основная часть (методология, результаты)

Математическое моделирование динамики микро- и наночастиц было проведено для определения технического облика трехмерной октупольной электродинамической ловушки, необходимого для проектирования и изготовления самой ловушки. Технические характеристики ловушки зависят от значительного списка параметров, таких как: размер электродов, значения постоянного напряжения, амплитуда и частота переменного напряжения. Для численной симуляции динамики объектов локализации, определялось пространственное распределение электрического потенциала путем решения задачи Дирихле для уравнения Лапласа в ловушке с заданной геометрией электродов при вариации параметров питания. Задача была численно решена в программной среде Wolfram Mathematica с применением метода конечных элементов. В качестве объектов локализации рассматривались микрочастицы с характерным радиусом от 100 нм до 100 мкм. Были определены зависимости эффективности локализации заряженных частиц от размеров электродов ловушки, от параметров электропитания электродов ловушки и от размеров объектов локализации. Также определено количество потенциальных минимумов. Полученные зависимости позволяют точно определить физический облик трехмерной октупольной электродинамической ловушки.

По результатам математического моделирования была спроектирована 3D модель трехмерной октупольной электродинамической ловушки в системе трехмерного моделирования Компас 3D. Ловушка состоит из двух электродов сферической формы, из двух малых электродов и одного большого электрода имеющих поверхность тороидальной формы, а также из диэлектрического корпуса. По спроектированному макету была спроектирована и изготовлена трехмерная октупольная электродинамическая ловушка. Электроды были выполнены из нержавеющей стали AISI 317 на токарно-фрезерном центре с ЧПУ HAAS ST30 согласно разработанным чертежам. Корпус ловушки выполнен из пластика PLA на 3D принтере Creality Ender 3 Pro.

Для экспериментальной верификации результатов математического моделирования был разработан экспериментальный комплекс, состоящий из схемы электропитания ловушки и системы регистрации объектов локализации. Для экспериментальной локализации использовались три группы калиброванных микросфер диоксида кремния, размерами 10, 15 и 50 мкм. Показано, что разработанная ловушка обеспечивает долговременное, не менее 30 секунд, удержание заряженных частиц в диапазоне размеров от 10 мкм до 50 мкм; ловушка обладает множественностью потенциальных минимумов эффективного потенциала и обеспечивает формирование трехмерного октупольного электрического потенциала, что соответствует теоретическому описанию трехмерных октупольных электродинамических ловушек. При одновременном захвате более, чем одного объекта локализации, в рабочей области ловушки наблюдалось формирование кулоновских кристаллов – ионных структур, взаимное расположение узлов которых обусловлено кулоновским взаимодействием. Между тем, помимо непосредственно кулоновских кристаллов, наблюдаются и квази-кулоновские кристаллы – ионные структуры, взаимное расположение узлов которых обусловлено не кулоновским взаимодействием, а положением минимумов эффективного потенциала ловушки. Так, по сравнению с кулоновскими кристаллами, положение квази-кулоновских структур строго детерминировано в рабочей области ловушки. Достигнутые результаты во время эксперимента полностью соответствуют результатам математического моделирования.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В настоящей работе была проведена численная симуляция трансляционной динамики микро- и наночастиц в трехмерной октупольной электродинамической ловушке. Определены зависимости эффективности локализации заряженных частиц от размеров электродов ловушки, от параметров питания электродов ловушки и от размеров объектов локализации, а также определено количество потенциальных минимумов. Впервые спроектирована и изготовлена трехмерная октупольная электродинамическая ловушка. Показано, что разработанная ловушка обеспечивает долговременное, не менее 30 секунд, удержание заряженных частиц в диапазоне размеров от 10 мкм до 50 мкм и продемонстрирована возможность формирования квази-кулоновских структур на примере микросфер SiO_2 . Предложенная ловушка может стать базой нового типа архитектуры квантовых процессоров, что позволит преодолеть ограничение на максимальное число квантово-запутанных ионов-кубитов и построить мощный квантовый компьютер.

Список использованных источников

1. Häffner H., Roos C.F., Blatt R. Quantum computing with trapped ions // *Physics reports*. – 2008. – V. 469. – №. 4. – Pp. 155–203.
2. Benhelm J. et al. Towards fault-tolerant quantum computing with trapped ions // *Nature Physics*. – 2008. – V. 4. – №. 6. – Pp. 463–466.
3. Stuart J. et al. Chip-integrated voltage sources for control of trapped ions // *Physical Review Applied*. – 2019. – V. 11. – №. 2. – P. 024010.
4. Vasilyev M., Rudyi S., Rozhdestvensky Y. Theoretical description of electric fields in three-dimensional multipole ion traps // *European Journal of Mass Spectrometry*. – 2021. – V. 27. – №. 5. – Pp. 158–165.
5. Rudyi S. et al. Stability problem in 3D multipole ion traps // *International Journal of Mass Spectrometry*. – 2022. – V. 479. – P. 116894.

Выпускник

Сиротенко Софья Сергеевна
центр химической инженерии
e-mail: sofisirotenko@yandex.ru

Научный руководитель

Федотова Елена Викторовна
к.х.н., преподаватель центра химической инженерии
e-mail: arabka2008@mail.ru

УДК 615.453.43

СОЗДАНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ МАГНИТНЫХ МИКРОКАПСУЛ С КОНТРОЛИРУЕМЫМ ВЫСВОБОЖДЕНИЕМ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Ключевые слова

Доставка лекарств, полимерные микрокапсулы, контролируемое высвобождение, полимеры, Layer-by-Layer.

Цели и задачи

При доставке биологически активных соединений в организм человека возникает ряд проблем: низкая биодоступность веществ, их токсичное действие на организм, сохранение соединений в неизменном виде и др. Для решения данных проблем, а также повышения эффективности действия лекарственных веществ и контроля доставки и высвобождения соединений создаются различные системы доставки. Таким образом, целью данной работы была разработка системы доставки с контролируемым высвобождением биологически активных соединений.

Основная часть (методология, результаты)

Микрокапсулы – частицы размером до 2000 мкм, состоящие из ядра из биологически активного вещества, окруженное сплошной полимерной оболочкой. Оболочка образована за счет электростатического взаимодействия между молекулами поли(гидрохлорид аллиламина) (ПАА) и полистиролсульфоната (ПСС). Она создавалась при помощи технологии послойной полиэлектролитной сборки (Layer-by-Layer или LbL) – метод получения тонких полимерных покрытий путем послойного нанесения различных полимеров на подложку [1, 2].

Шарообразную форму капсул обеспечивает ядро. В данной работе использовались частицы карбоната кальция размером 5 мкм. Общая схема процесса микрокапсулирования выглядит следующим образом: ядра помещают в раствор полимера с концентрацией 1 мг/мл,

выдерживают в ультразвуковой ванне 15 минут для лучшего диспергирования, ядра отделяют от раствора центрифугированием или фильтрацией, промывают водой и повторяют процесс с другим полимером. После достижения желаемого количества слоев ядро растворяют: в случае карбоната кальция добавляется раствор кислоты (например, ЭДТА), после чего готовые капсулы отделяются центрифугированием и хранятся при 4°C.

В ходе работы микрокапсулы создавались с различным количеством полимерных слоев: 3, 5 и 8 (за один слой принимается одна пара ПАА/ПСС). Различия в полимерных оболочках наблюдали при помощи конфокального микроскопа. Для визуализации микрокапсул к ПАА пришивался краситель родамин Б (рис. 1).

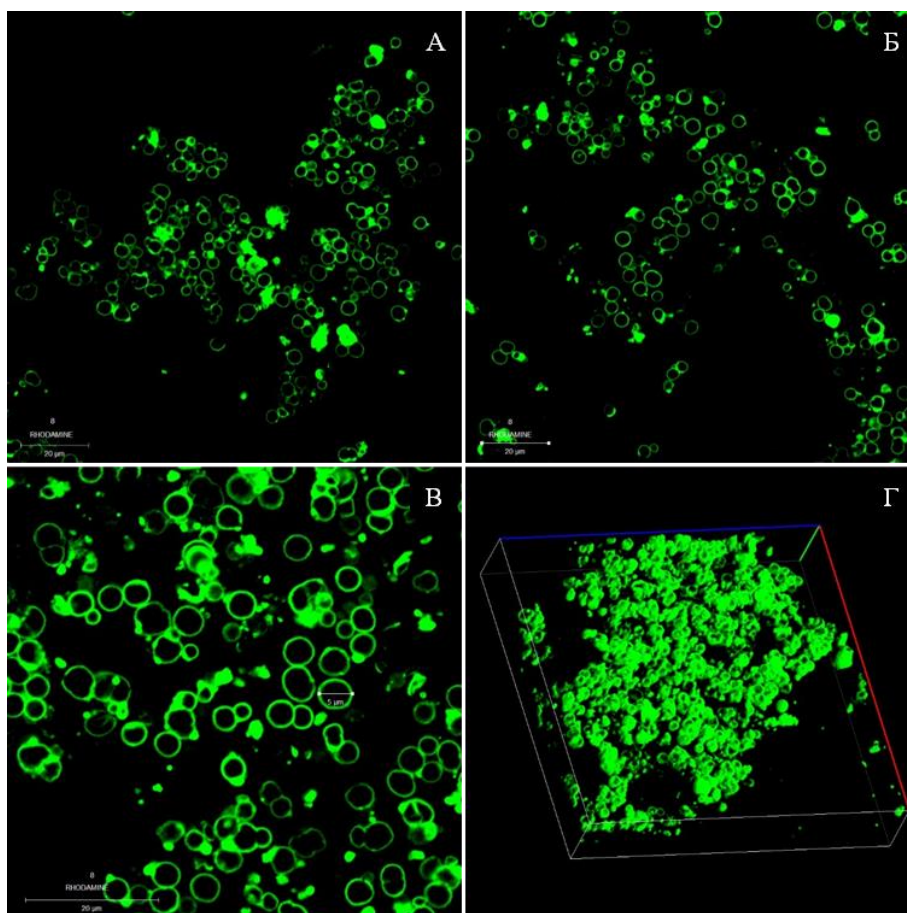


Рис. 1. Конфокальная микроскопия микрокапсул с родамином, оболочка из 8 слоев

Было установлено, что минимальное необходимое количество слоев полимерной оболочки для создания стабильных капсул является 8. Меньшее количество слоев приводит к разрыву оболочки при растворении ядра, искажению формы капсулы и агрегации микрокапсул.

Для создания систем таргетной доставки применяются различные смарт-полимеры или наночастицы, реагирующие на определенные внешние стимулы. Так, системы с магнитными наночастицами можно локализовать в нужном месте при помощи постоянного магнитного поля, а воздействие переменного вызывает механические колебания частиц, что приводит к разрушению полимерной стенки и высвобождению лекарственного средства [3].

В полимерную оболочку микрокапсул включались наночастицы оксида железа. В ходе эксперимента было доказано, что капсулы с магнитными частицами реагируют на постоянное магнитное поле (рис. 2).

В качестве объектов для исследования включения и высвобождения были выбраны диметпрамид (низкомолекулярное вещество), куркумин (полифенол) и белок сывороточный альбумин (БСА) (биополимер, высокомолекулярное соединение).

Включение биологически активных веществ производилось между слоями полимерной оболочки и внутрь капсулы методом соосаждения, при котором биологически активное соединение включается в матрицу ядра на этапе его формирования. Оценка включения проводилась методом спектрофотометрии. Эффективность включения соединения характеризуется загрузкой L (мг/г) – количеством включенного соединения на единицу веса ядра.

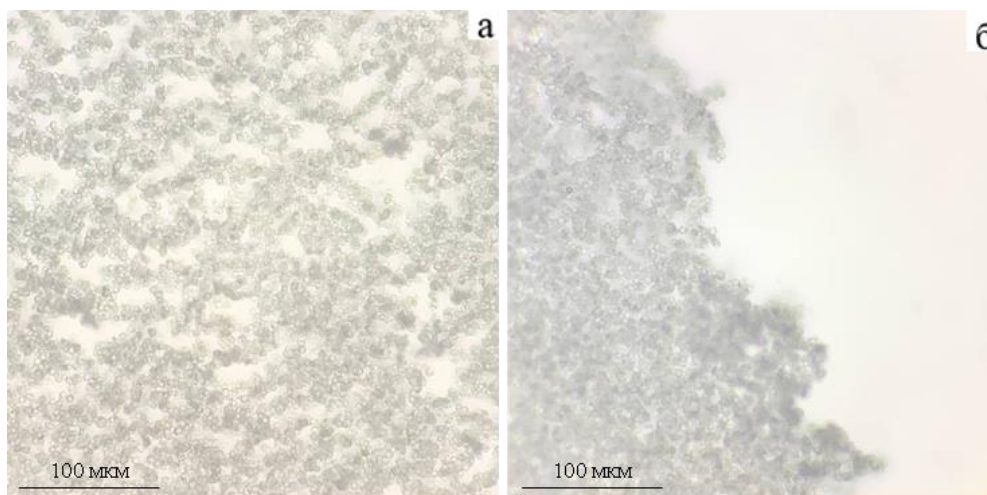


Рис. 2. Световая микроскопия микрокапсул до (а) и после (б) воздействия магнита

Полученные данные загрузки представлены в таблице. Все использованные биологически активные вещества показали хорошие результаты при включении между слоями полимерной оболочки, хотя высокомолекулярное вещество показало большую эффективность при загрузке методом соосаждения, а у полифенола наоборот – при данном методе значения малы.

Таблица. Результаты включения биологически активных соединений в микрокапсулы

Вещество	Способ включения	Загрузка L, мг/г
Диметпрамид	Соосаждение	22,29
	Между слоями	7,42
Куркумин	Соосаждение	0,08
	Между слоями	5,57
БСА	Соосаждение	231,21
	Между слоями	59,13

Высвобождение проверялось согласно ОФС 1.4.2.14. «Растворение для твердых дозированных лекарственных форм». Среда желудка имитировалась 0,1 М соляной кислотой, а среда кишечника – фосфатным буфером (рН 7,80). Оценка высвобождения проводилась методом спектрофотометрии. Максимальное высвобождение биологически активных веществ из капсул в среде кишечника спустя 4 часа проведения теста составило не более 3%, в среде кишечника спустя 8 часов теста – от 42% до 62% (рис. 3, 4), без явного различия в показателях в зависимости от способа загрузки веществ. Полученные значения высвобождения являются достаточно высокими для применения микрокапсул в качестве лекарственной формы пролонгированного действия.

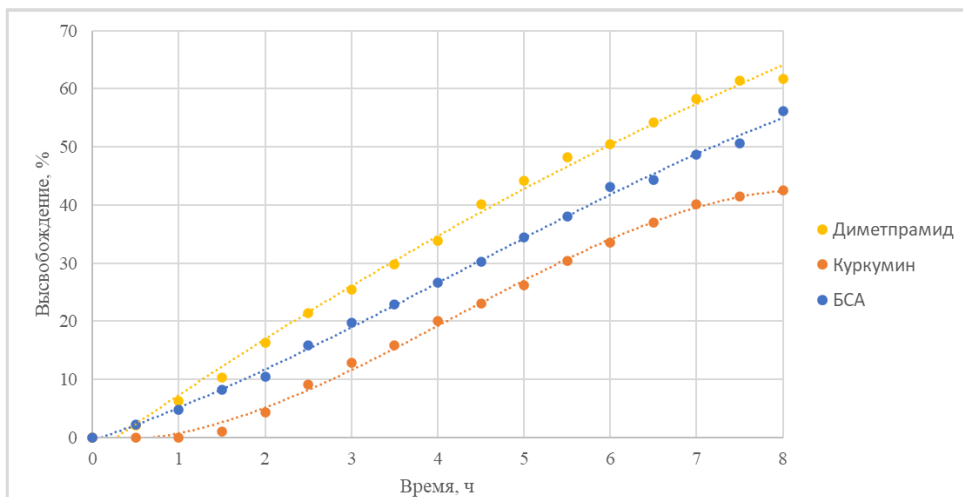


Рис. 3. График высвобождения биологически активных соединений из микрокапсул при загрузке методом соосаждения

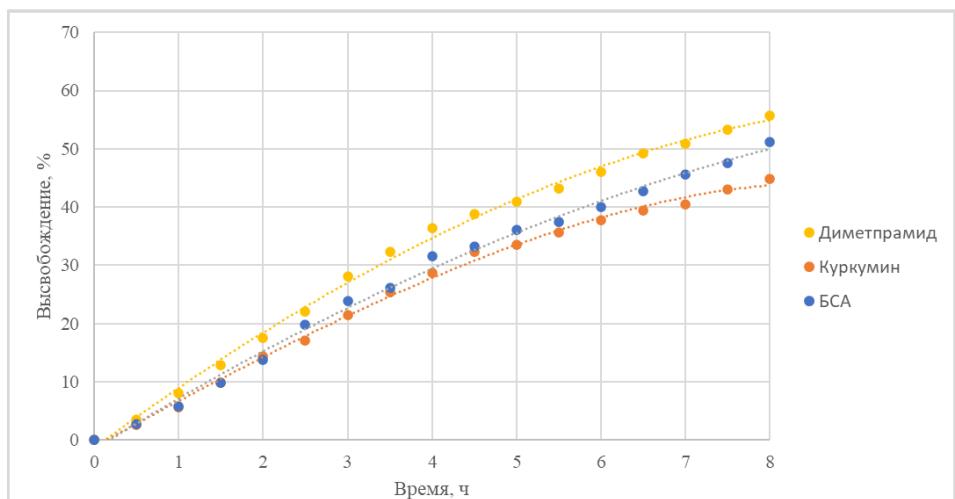


Рис. 4. График высвобождения биологически активных соединений из микрокапсул при загрузке между слоями полимеров

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В ходе выполнения работы была разработана система доставки лекарств с применением технологии Layer-by-Layer – полимерные микрокапсулы.

Все использованные биологически активные вещества показали достаточно хорошие результаты при включении в капсулы.

Полученные значения высвобождения (42–62%) позволяют применять данные микрокапсулы в качестве лекарственной формы пролонгированного действия.

Магнитные наночастицы показали хорошее включение между слоями, капсулы реагируют на воздействие постоянного магнитного поля, что позволяет в перспективе применять магнитные микрокапсулы в качестве системы с контролируемым неинвазивным высвобождением веществ.

В дальнейшем планируется проведение тестов на загрузку и высвобождение с различными лекарственными веществами (доксорубицин), тестирование данных микрокапсул на клетках и лабораторных мышах.

Список использованных источников

1. Полимерные микрочастицы для медицины и биологии / Е.С. Жаворонок, С.А. Кедик, А.В. Панов [и др.]; под ред. С.А. Кедика. - Москва: Институт фармацевтических технологий, 2014. – 477 с.
2. Linnik D.S., Tarakanchikova Y.V., Zyuzin M.V., Lepik K.V., Aerts J.L., Sukhorukov G., Timin A.S. Layer-by-Layer technique as a versatile tool for gene delivery applications, *Expert Opinion on Drug Delivery*. – 2021. 18:8. – Pp. 1047–1066. DOI: 10.1080/17425247.2021.1879790.
3. Zyuzin M.V., Timin A.S., Sukhorukov G.B. Multilayer capsules inside biological systems: state-of-the-art and open challenges // *Langmuir*. – 2019. – Apr 2;35(13). – Pp. 4747–4762. DOI: 10.1021/acs.langmuir.8b04280.

Выпускник

Шубина Екатерина Витальевна
институт лазерных технологий
e-mail: evsmirnova@mail.ioffe.ru

Научный руководитель

Сергеев Максим Михайлович
к.т.н., доцент, старший научный сотрудник института лазерных технологий
e-mail: mmsergeev@itmo.ru

УДК 533.9.082.5

**ЛАЗЕРНАЯ ДИАГНОСТИКА НАКОПЛЕНИЯ ИЗОТОПОВ ВОДОРОДА
ВО ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИХ С ПЛАЗМОЙ МАТЕРИАЛАХ
ТОКАМАКА**

Ключевые слова

Лазерно-индуцированная абляция, лазерно-индуцированная десорбция, первая стенка, токамак, диагностика накопления трития.

Цели и задачи

В перспективных токамак-реакторах важная роль отводится разработке систем диагностики накопления термоядерного топлива в компонентах первой стенки и области дивертора [1]. Цель настоящей работы – оценка эффективности и возможности применения методов лазерно-индуцированной десорбции (LID) и лазерно-индуцированной абляции (LIA) для количественного анализа накопления изотопов водорода в вольфрамовых плёнках. В задачи работы входит расчёт оптической системы для ввода излучения в вакуумную камеру и подбор оптимальных параметров лазерного излучения для исследования модельных образцов. По количеству регистрируемого дейтерия методами LIA и LID была оценена эффективность лазерных методов диагностики, где в качестве контрольного значения использовалось количество, детектируемое методом термодесорбционной спектроскопии (TDS).

Основная часть (методология, результаты)

Для термоядерных реакторов следующего поколения в качестве топлива планируется использовать дейтерий-тритиевую смесь. Тритий является радиоактивным изотопом водорода и имеет свойство накапливаться в материалах. Для обеспечения безопасности персонала и предотвращения неконтролируемого выхода трития со стенки во время реакции необходимо проводить диагностику его накопления в элементах, обращённых к плазме. В первой стенке термоядерных реакторов происходит накопление изотопов водорода путем их

кратковременного удержания, глубокой имплантации (захвата на радиационных дефектах, в примесях, дислокациях и др.) и совместное осаждение с материалами, подвергшимися эрозии при контакте конструкционных материалов с плазмой. В процессе соосаждения непрерывно накапливаются изотопы водорода без достижения точки насыщения. Именно поэтому образующиеся пленки требуют особого внимания при проведении диагностики накопления радиоактивного трития [2].

Для контроля накопления изотопов водорода в конструкционных материалах используют *ex-situ* методы, такие как TDS и анализ ядерных реакций (NRA). Для реализации метода TDS образец нагревают до определённого температурного значения с контролируемой скоростью нагрева и по масс-спектрам отслеживают изменение остаточных газов в вакуумном объёме [3]. Метод NRA используют для изучения распределения концентрации имплантированных молекул, атомов, ионов по глубине образца. Главный недостаток описанных методов – требуется разгерметизация вакуумного объёма. Вскрытие вакуумной камеры приводит к адсорбции газов на поверхности первой стенки токамака. В связи с этим возникают существенные временные и экономические затраты при повторной откачке вакуумного объёма, так как необходимо одновременно с откачкой производить отжиг стенок камеры для исключения загрязнения водородной плазмы в процессе работы реактора.

Для количественной оценки содержания изотопов водорода в первой стенке токамаков разрабатывают *in-situ* методы, основанные на исследованиях взаимодействия лазерного излучения с веществом. На данный момент среди методов лазерной диагностики аккумуляирования водорода выделяют LID и LIA как наиболее перспективные.

LID основана на локальном нагреве конструкционных материалов лазерным излучением с длительностью импульса 1,5–10,0 мс [4]. Данный метод уже имеет доказанную эффективность для плёнок бериллия толщиной до 10 мкм и планируется к применению на Международном экспериментальном термоядерном реакторе. В настоящее время изучается возможность использования метода LIA для количественного анализа содержания изотопов в облицовке первой стенки. Основное преимущество LIA — возможность совместного применения со спектроскопией лазерно-индуцированного пробоя для качественной и количественной оценки состава аблируемого слоя и профилирования по глубине кратера. Однако необходимо предварительно выбрать наиболее эффективный способ регистрации десорбируемого потока дейтерия с поверхности, так как при абляции материал удаляется в форме капель, молекул, атомов или ионов. Для исключения влияния данного фактора необходимо подобрать оптимальные параметры лазерного излучения.

Для количественного анализа содержания изотопов водорода были использованы модельные образцы – тонкие плёнки W толщиной 200 нм на медной подложке. Выбор материала подложки обусловлен эффективным отводом тепла, что исключает влияние её нагрева на десорбцию дейтерия. Для насыщения вольфрамовых плёнок дейтерием использовали совместное осаждение материала мишени в атмосфере дейтерия при давлении 30 Па.

В качестве источника лазерного излучения использовался твердотельный лазер Nd:YAG с длиной волны излучения 1064 нм, энергией в импульсе 0,43 Дж, частотой импульсов 10 Гц и возможностью работы в режимах модуляции добротности и свободной генерации с длительностью импульса 12 нс и 145 мкс, соответственно. Наличие данных режимов работы лазера позволяет использовать один источник для реализации методов LIA и LID. Лазерное излучение фокусировалось на образце для достижения плотности энергии 150 Дж/см², которая впоследствии регулировалась аттенуатором.

Согласно работе [4], начальная температура десорбции дейтерия из плёнок вольфрама составляет 550 К, при этом полная десорбция изотопов водорода из всех ловушек возможна при температуре выше 850–900 К. Для выбора необходимой плотности энергии в режиме свободной генерации было проведено моделирование нагрева плёнки вольфрама при воздействии лазерным излучением микросекундной длительности импульсов. Результаты моделирования приведены на рисунке. Осцилляции температуры связаны с особенностью пиковой структуры лазерного излучения в режиме свободной генерации, заложенной при моделировании.

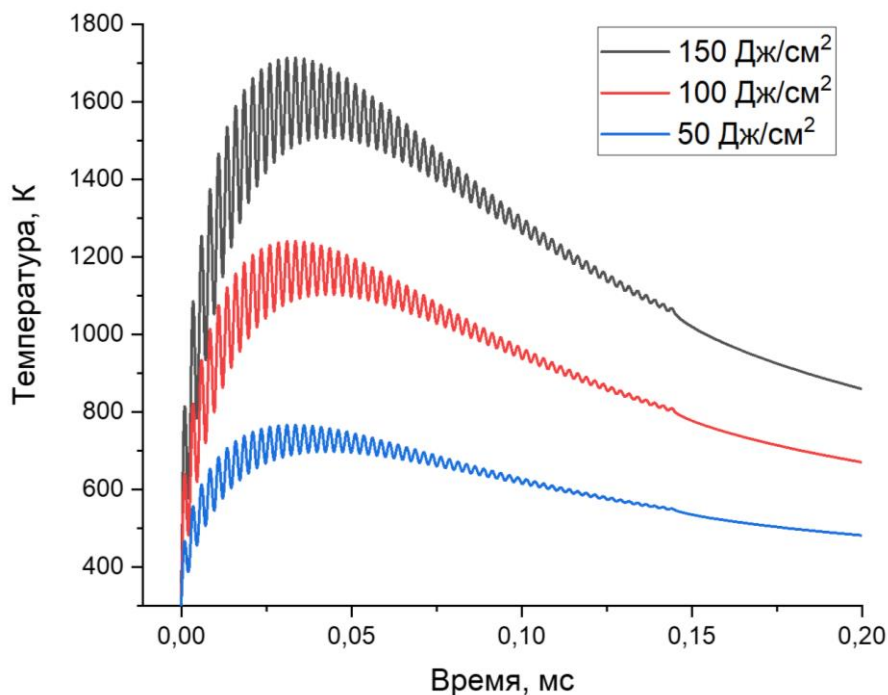


Рисунок. Результаты моделирования нагрева вольфрамовой плёнки при обработке лазерным излучением с разной плотностью энергии

В результате моделирования было выяснено, что плотности энергии 50 Дж/см² в лазерном импульсе заведомо недостаточно для полной дегазации осадений. При плотности энергии 100 Дж/см² и 150 Дж/см² – возможно наблюдать десорбцию дейтерия из всех ловушек в вольфрамовых осадениях.

Для сравнения методов были выбраны плотности энергии 10 Дж/см² для LIA и 100 Дж/см² для LID. Регистрация остаточных газов проводилась с помощью квадрупольного масс-спектрометра (QMS). Для сравнения методов LIA-QMS и LID-QMS в качестве контрольного значения содержания дейтерия в исследуемых образцах использовался результат, полученный методом TDS.

В ходе проведения экспериментов было показано, что количество зарегистрированного дейтерия составило $(2,50 \pm 0,16) \cdot 10^{16} \text{ см}^{-2}$ при использовании метода LID-QMS и $(2,60 \pm 0,18) \cdot 10^{16} \text{ см}^{-2}$ при использовании метода LIA-QMS. Значение содержания дейтерия в вольфрамовой плёнке, зарегистрированное методом TDS, составляет $(2,66 \pm 0,17) \cdot 10^{16} \text{ см}^{-2}$. Эффективность лазерных методов составила более 83% для LID-QMS и более 86% для LIA-QMS относительно метода TDS.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

Результаты, полученные в ходе исследования, указывают на возможность применения лазерных методов для диагностики накопления изотопов водорода в плёнках вольфрама толщиной 200 нм. Также для данных образцов возможно использование метода LID-QMS с применением лазерного излучения микросекундной длительности импульсов. Метод LIA не приводит к значительной потере сигнала при регистрации потока дейтерия методом QMS при плотности энергии лазерного излучения 10 Дж/см². В дальнейшем необходимо определить наиболее чувствительный и оптимальный метод регистрации десорбированных изотопов водорода из вольфрамовых плёнок – сравнить результаты, полученные с помощью масс-спектрометрии, оптической спектроскопии разряда Пеннинга и спектроскопии лазерно-индуцированного пробоя.

Список использованных источников

1. Mukhin E.E. et al. In situ monitoring hydrogen isotope retention in ITER first wall // Nuclear Fusion. – 2016. – Т. 56. – №. 3. – P. 036017.
2. Skinner C.H. Tritium retention and removal in Tokamaks // AIP Conference Proceedings. – American Institute of Physics. – 2009. – Т. 1095. – №. 1. – Pp. 127–145.
3. Rusinov A.A. et al. A setup for thermodesorption measurements // Instruments and Experimental Techniques. – 2009. – Т. 52. – Pp. 871–876.
4. Zlobinski M. Laser induced desorption as hydrogen retention diagnostic method: дис. – 2016.

Выпускник

Сорокин Никита Алексеевич

факультет инфокоммуникационных технологий

e-mail: nicknamesorokin@mail.ru

Научный руководитель

Филянин Иван Викторович

факультет инфокоммуникационных технологий, инженер

e-mail: adeptvin1@gmail.com

УДК 004.07

**РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ТЕСТИРОВАНИЯ СЕТЕЙ ПЯТОГО
ПОКОЛЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ
ВИРТУАЛИЗАЦИИ**

Ключевые слова

Free5GC, сети связи 5-го поколения, LWMECPS, minikube, srsLTE, Open5GS, граничных вычислений с множественным доступом.

Цели и задачи

Качество сетевой инфраструктуры основано на способности обеспечивать высоконадежный и высокопроизводительный обмен данными между устройствами с минимальными задержками. Введение концепции граничных вычислений с множественным доступом (MEC) в распределенных системах представляет собой одно из решений для повышения эффективности обмена данными. Особенность MEC заключается в возможности обработки данных и предоставления вычислительных ресурсов непосредственно на уровне ближе к конечным устройствам, что улучшает производительность и снижает задержки в сети [1]. В связи с этим, сети связи пятого поколения (5G) предоставляют уникальные возможности для использования MEC в различных областях, включая задачи интернета вещей (IoT), автономные автомобили, а также дополненную и виртуальную реальность (AR/VR).

При перемещении периферийных вычислений ближе к конечным пользователям возможно уменьшение задержек в сети и повышение эффективности сетевых приложений за счет интеллектуального распределения нагрузки между вычислительными сервисами. Однако развертывание и планирование MEC-узлов является ресурсозатратной задачей, как с аппаратной, так и программной точек зрения [2, 3]. На данный момент отсутствуют общие механизмы прототипирования и принятия решений для размещения сервисов в географически распределенных узлах обработки данных.

В данной работе рассматривается разработка системы тестирования сетей пятого поколения, основанной на программных средствах виртуализации. Цель работы заключается в создании универсальной платформы, которая позволит эффективно развертывать тестовое окружение и проводить обширное функциональное и нагрузочное тестирование сетей пятого

поколения. Такая система тестирования будет способствовать уменьшению затрат при развертывании тестового окружения, улучшению качества, надежности сети и инструментом исследования сетей пятого поколения.

Основная часть (методология, результаты)

В ходе проведенного исследования рынка реализаций сетей пятого поколения были сделаны выводы о том, что на рынке отсутствуют сформированные решения в виде единого интерфейса взаимодействия между элементами сети пятого поколения.

По результатам сравнительного исследования реализаций компонентов сети пятого поколения была сформирована система тестирования сетей пятого поколения, состоящая из программных комплексов Free5GC и Ueransim. В связи с использованием разрозненных программных комплексов для формирования сети пятого поколения, была выявлена проблема отсутствия единой точки управления и получения информации.

Для решения данной проблемы был создан сервис Emulator Radio Access Network (EmuRAN). EmuRAN состоит из двух основных частей: EmuRAN API - набор команд управления EmuRAN; EmuRAN backend - интерпретатор команд EmuRAN AP. EmuRAN позволяет взаимодействовать с компонентами провайдера 5G-core сети и конечными устройствами посредством единого интерфейса на фреймворке FastAPI.

В ходе тестирования EmuRAN было проведено сравнение затрат времени на развертывание сети для N числа конечных устройств в ручном режиме и посредством интерфейса EmuRAN. В результате серии тестов выяснилось, что EmuRAN сокращает время на развертывание тестового окружения в 15–25 раз по сравнению с ручным методом.

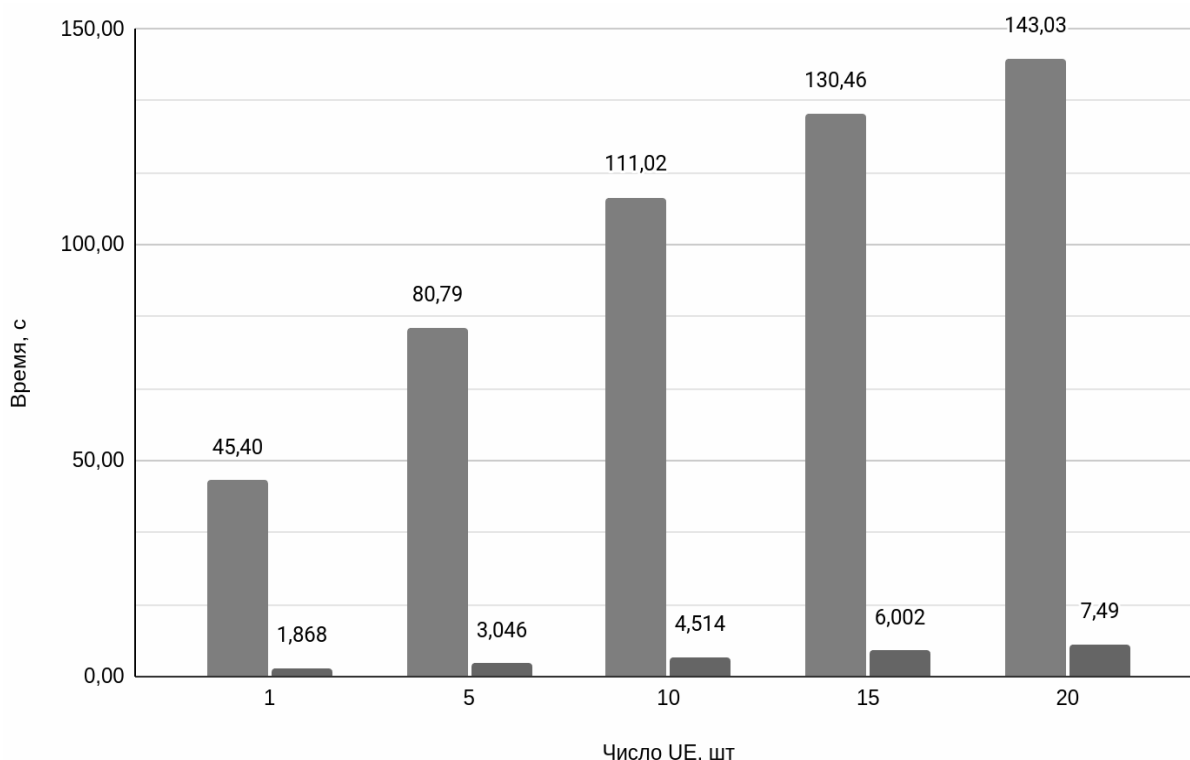


Рисунок. Сравнение результатов ручного тестирования и тестирования с EmuRAN API

Поскольку полученную систему планируется использовать для исследования и эмуляции реальных сетей сотовой связи, где среднее количество абонентов может достигать до нескольких тысяч на одну базовую станцию, EmuRAN позволит в разы сократить

затрачиваемое время на развертывание и поддержку окружения позволяя использовать разработанное программное обеспечение как инструмент исследования сетей пятого поколения.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В ходе работы было проведено исследование современных методов взаимодействия с сетями связи 5-го поколения при использовании программных средств их эмуляции.

Проведен сравнительный анализ различных программных комплексов эмуляции сетей связи 5-го поколения, сформирована система тестирования, состоящая из программных комплексов Free5gc и UERANSIM.

Было разработано программное обеспечение EmuRAN предоставляющее единую точку управления и получения информации о системе, дающее преимущество при развертывании большого количества пользовательских устройств в сети. В результате тестирования было выяснено, что EmuRAN API позволяет сократить время развертывания сетевой инфраструктуры в 15–25 раз.

В дальнейшем EmuRAN API будет использоваться как источник данных для системы принятия решений аллокации вычислительных сервисов в геораспределенных узлах обработки данных.

Список использованных источников

1. Massari S. et al. An Open-Source Tool Modeling the ETSI-MEC Architecture in the Industry 4.0 Context // 2021 29th Mediterranean Conference on Control and Automation (MED). – IEEE, 2021. – Pp. 226–231.
2. Panek G. et al. Application Relocation in an Edge-Enabled 5G System: Use Cases, Architecture, and Challenges // IEEE Communications Magazine. – 2022. – Т. 60. – №. 8. – Pp. 28–34.
3. Lagkas T. et al. Optimized joint allocation of radio, optical, and MEC resources for the 5G and beyond fronthaul // IEEE Transactions on Network and Service Management. – 2021. – Т. 18. – №. 4. – Pp. 4639–4653.

Выпускник

Темников Андрей Антонович

факультет технологического менеджмента и инноваций

e-mail: temnikov.andrej2012@yandex.ru

Научный руководитель

Янова Елена Алексеевна

доцент, к.э.н., доцент факультета технологического менеджмента и инноваций

e-mail: prof.yanova.ea@gmail.com

УДК 001.895

**РАЗРАБОТКА ИННОВАЦИОННЫХ МЕТОДОВ НАРРАТИВНОЙ
ГЕЙМИФИКАЦИИ В ОНБОРДИНГЕ ОБУЧАЮЩИХСЯ
ПО ПРОГРАММАМ МАГИСТРАТУРЫ УНИВЕРСИТЕТА ИТМО**

Ключевые слова

Онбординг, нарратив, геймификация, магистратура, метод, университет, ИТМО.

Цели и задачи

Целью работы является разработка инновационных методов нарративной геймификации в онбординге обучающихся по программам магистратуры Университета ИТМО. Задачи работы: 1) изучить нарративную геймификацию и онбординг; 2) проанализировать текущие методы онбординга обучающихся по программам магистратуры Университета ИТМО; 3) проанализировать нарративную геймификацию в онбординге обучающихся по программам магистратуры Университета ИТМО; 4) разработать инновационные методы нарративной геймификации в онбординге обучающихся по различным направлениям магистратуры в Университете ИТМО.

Основная часть (методология, результаты)

В данной работе были исследованы понятия «онбординг» и «нарративная геймификация», была найдена взаимосвязь между понятиями, а также доказана эффективность использования нарративной геймификации.

Для данной работы было выбрано определение онбординга В.А. Оглоблина и А.Е. Дацко с фокусом на университетскую среду: онбординг — это набор инструментов, которые способствуют комфортной адаптации и эффективному включению нового обучающегося в учебную, социальную и рабочую среду университета, не перегружая его при этом лишней информацией [1]. Для структурного и функционального разбора онбординга были использованы структурная и функциональная модели Бауэр [2].

Было выявлено, что нарративную геймификацию можно воспринимать как процесс, в котором пользователь строит свой собственный опыт посредством заданного контента, реализуя свою свободу выбора в заданном пространстве и периоде времени, ограниченном логикой системы. На основе ряда источников, было дано определение термину «нарративная геймификация»: Нарративная геймификация — это вид геймификации, нацеленный на работу с нарративом в качестве основного элемента геймификации и преследующий цель создать уникальный опыт для пользователя на основе эмоциональной связи с нарративом. Также, на основе сравнения функционала онбординга по модели Бауэр и нарративной геймификации, была сформирована система взаимосвязи онбординга с нарративной геймификацией.

На основе анализа ряда примеров использования нарративной геймификации выяснилось, что нарративная геймификация чаще всего используется в таких сферах, как маркетинг, внутренние процессы компании и обучение. Нарративная геймификация оказывает положительный эффект в рамках каждой из этих сфер и способна улучшить показатели за счёт подхода, сочетающего в себе игровые механики и нарратив. Нарративная геймификация является универсальным инструментом, способным достичь изначально поставленных задач на минимальном уровне, а также, в ряде случаев, не требующим вложения средств на продвижение.

Были проанализированы текущие методы онбординга обучающихся по программам магистратуры Университета ИТМО, среди которых удалось выделить основной онбординг, включающий в себя программу ИТМО Enter и онбординг на направлениях, а также проект «Платформа Жизнь в Науке», на основе которого выстроена дальнейшая работа.

В работе представлена модель текущего онбординга Университета ИТМО, созданная на основе данных из открытых источников Университета ИТМО. Показатели проекта являются достаточно высокими. Онбординг был проанализирован с точки зрения моделей Бауэр, в результате чего выяснилось, что он является проактивным, однако имеет потенциал к развитию за счёт развития мягких и жёстких навыков у обучающихся.

Также проанализирована деятельность проекта «Платформа Жизнь в Науке», который является примером использования нарративной геймификации в онбординге Университета ИТМО. Проект обладает функционалом, в полной мере отвечающим характеристикам нарративной геймификации. Были обозначены показатели результативности проекта на 2024 год и представлена команда проекта. В данный момент проект превышает часть показателей результативности, а также обладает компетентной командой.

Был проведён ряд опросов для обучающихся по программам магистратуры, прошедших курс. В результате анализа выяснилось потребность в специализированности курсов, связанных с IT, также неостребованность текущей системы выбора проекта. Также были проведены PEST-анализ, анализ 5 сил Портера, анализ ключевых факторов успеха, SWOT-анализ и анализ по модели «Октализи» [3]. В результате выяснилось, что платформа обладает малым функционалом с точки зрения системы мотивации, а с учётом результатов SWOT-анализа, функционал платформы необходимо расширять для повышения конкурентоспособности проекта.

Для нивелирования узких мест удалось разработать ряд решений. Проект «Платформа Жизнь в Науке» планируется интегрировать в основной онбординг Университета ИТМО к началу учебного года 2024–2025. Был разработан план создания курсов для трёх направлений магистратуры, связанных с IT, на основе диаграммы Ганта. Были разработаны инновационные методы нарративной геймификации в онбординге обучающихся по программам магистратуры Университета ИТМО: система выбора и система мотивации. Были представлены модели данных методов. Данные методы взаимодействуют друг с другом и могут быть интегрированы в проект за счёт внутренней команды. На основе финансовой модели в сочетании с анализом TAM, SAM, SOM была доказана эффективность и необходимость интеграции этих методов не только с точки зрения улучшения удержания пользователя, но и с точки зрения привлечения внешних средств в Университет ИТМО.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

Проект планируется интегрировать в основную систему онбординга Университета ИТМО к началу 2024–2025 учебного года. Также, к концу 2024 года планируется создать специализированные курсы для обучающихся по IT-направлениям магистратуры. Инновационные методы нарративной геймификации, разработанные в работе, донесены до руководства проекта и находятся на стадии обсуждения по вопросу реализации. Финансовая модель, сформированная в работе, была реализована совместно с руководством проекта и подлежит дальнейшему усовершенствованию и уточнению в зависимости от результатов выхода проекта на внешний рынок.

Список использованных источников

1. Оглоблин В.А., Дацко А.Е. Понятие онбординга и его применение при адаптации молодых специалистов // *Economy and Business: Theory and Practice*. – 2023. – №. 6-2. – С. 100.
2. Bauer T. Onboarding New Employees: Maximizing Success // *SHRM Foundation's Effective Practice Guidelines Series* – 2011. – Pp. 1–54.
3. The Octalysis Framework for Gamification & Behavioral Design. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://yukaichou.com/gamification-examples/octalysis-complete-gamification-framework/> (дата обращения: 22.12.2023).

Выпускник

Тетерина Александра Викторовна

факультет безопасности информационных технологий

e-mail: teterina_a_v@mail.ru

Научный руководитель

Попов Илья Юрьевич

к.т.н., доцент факультета безопасности информационных технологий

e-mail: ilyapopov27@gmail.com

УДК 004.056

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ РИСКОВ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ДЛЯ КРЕДИТНО-ФИНАНСОВЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ

Ключевые слова

Оценка рисков информационной безопасности, риск-менеджмент, кредитно-финансовые организации, методика оценки рисков ИБ.

Цели и задачи

В современном цифровом мире, где информационные технологии играют ключевую роль в повседневной деятельности кредитно-финансовых организаций, обеспечение безопасности данных становится приоритетной задачей. Лучшей практикой для управления информационной безопасностью считается риск-ориентированный подход, однако на данной момент на государственном уровне не определена конкретная методика оценки и на поддержание данного процесса ежегодно организации тратят большое количество человеко-часов. Исходя из этого целью данной работы является уменьшение трудозатрат на оценку рисков информационной безопасности в кредитно-финансовых организациях. Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи: проанализировать нормативно-правовую базу в области оценки рисков информационной безопасности для кредитно-финансовых организаций; провести обзор существующих подходов и методик оценки рисков информационной безопасности; разработать удобную для пользователя и экономичную с точки зрения трудозатрат методику оценки рисков информационной безопасности, которая учитывает специфику кредитно-финансовых организаций; оценить разработанную методику на практике.

Основная часть (методология, результаты)

В целях обеспечения безопасности в банковской системе Банк России выпускает нормативные акты, которые определяют требования к обеспечению защиты информации. В

настоящее время основным нормативным актом, определяющим требования к оценке рисков ИБ является Положение от 09.06.2012 г. № 382-П. Данное Положение определяет необходимость выявления угроз, рисков и уязвимостей информационной безопасности (ИБ) в обеспечении защиты информации при осуществлении переводов денежных средств [1].

Положение Банка России от 8 апреля 2020 г. № 716-П устанавливает требования к управлению операционным риском, к которому в свою очередь и относится риск ИБ. Операционный риск представляет собой возможность возникновения убытков в результате неэффективности, ошибок или недостатков внутренних процессов, систем управления, технологий, человеческого фактора, а также из-за внешних событий.

Помимо вышеуказанных нормативно-правовых актов самые новые требования Банка России в отношении оценки рисков ИБ описаны в ГОСТ 57580.3-2022 и ГОСТ 57580.4-2022 [2, 3], которые стали обязательными для кредитно-финансовых организаций в соответствии с методическими рекомендациями по управлению риском информационной безопасности и обеспечению операционной надежности №7 от 21.03.2024 (далее – МР №7) [4].

В работе рассмотрен процесс управления рисками информационной безопасности, проведён обзор подходов и методов, применяемых к оценке рисков ИБ, а также исследованы различные методики оценки рисков ИБ и выявлены их основные недостатки и ограничения. Недостатки существующих методик подтверждают актуальность темы (это отсутствие риск-аппетита, сложности с масштабируемостью, высокие трудозатраты и прочее) [5].

Разработанная методика оценки рисков информационной безопасности для кредитно-финансовых организаций (далее – Методика) представляет собой поэтапное руководство по оценке рисков, состоящее из 7-ми шагов.

Помимо прочего Методика была внедрена и персонифицирована в обществе с ограниченной ответственностью небанковской кредитной организации «ЮМани» (далее – ООО НКО «ЮМани»), а также успешно там используется.

Шаг 1 – Идентификация бизнес-процессов

Шаг 1 настоящей методики представлена на рисунке 1. На этом шаге работники отдела ИБ:

1. Определяют бизнес-процессы организации.
2. Для каждого бизнес-процесса описывают меры защиты, применимые к нему.
3. Идентифицируют области воздействия для каждого бизнес-процесса (областью воздействия считается сфера, которая может быть подвержена ущербу в результате реализации события риска ИБ).
4. Далее, для каждой области воздействия определяется ранг от «1» до «7», где «1» – самая наименее критичная область, а «7» – самая критичная. Ранжирование считается хорошей практикой для приоритезации, поскольку позволяет подсветить именно наиболее важные факторы ущерба.
5. Последним пунктом шага является выявление совместно с работниками, поддерживающими данный бизнес-процесс, «серых зон» в нём.

Шаг 2 – Идентификация информационных активов

Схема Шага 1 Методики представлена на рисунке 1.

Шаг 3 – Идентификация угроз

Схема Шага 3 Методики представлена на рисунке 2. На данном шаге работники отдела ИБ:

1. Формируют реестр актуальных угроз.
2. Описывают возможные рисковые сценарии.
3. Определяют риск-аппетита для каждого рискового сценария риск-аппетита совместно с руководством организации по шкале от 1 до 10.

Шаг 4 – Расчёт вероятности реализации рискового сценария

На данном шаге определяется вероятность реализации конкретного рискового сценария.

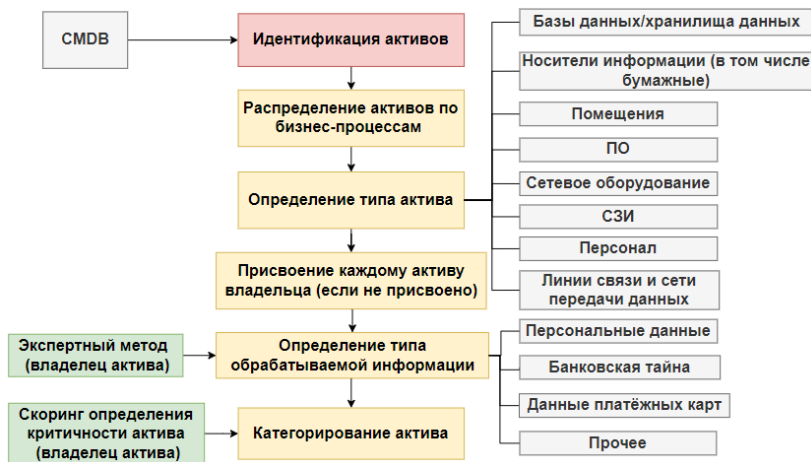


Рис. 1. Схема шага 2 Методики

Вероятность рассчитывается с использованием трёх метрик:

1. Статистика по РФ. Расчёт данной метрики производится посредством открытых/закрытых отчётов и аналитики количества реализованных рисков в РФ.
2. Исторические данные организации. Под историческими данными подразумевается статистика по организации за ограниченный промежуток времени.
3. Вероятность по статистике. Далее благодаря матрице определяется итоговый балл статистической вероятности.
4. Эффективность существующих мер защиты. Используя шаг 1 Методики, для каждого рискованного сценария рассчитывается коэффициент эффективности мер защиты.
5. Итоговая вероятность. Итоговая вероятность получается путём перемножения вероятности по статистике и коэффициент эффективности мер защиты.

Шаг 5 – Расчёт ущерба от реализации рискованного сценария

На данном шаге определяется ущерб от реализации конкретного рискованного сценария (рис. 2).

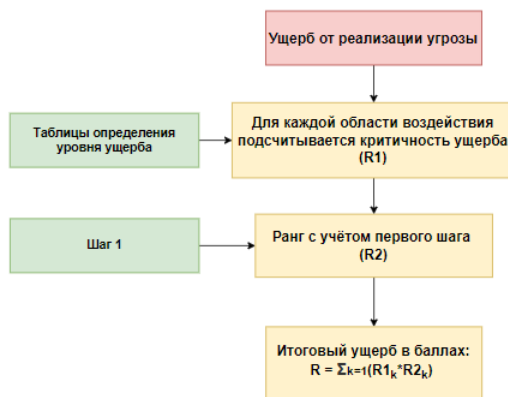


Рис. 2. Схема шага 5 Методики

Шаг 6 – Подсчёт итогового риска

Подсчёт итогового риска в баллах происходит за счёт перемножения трёх полученных ранее показателей (вероятность, ущерб и критичность актива)

Шаг 7 – Выбор стратегии обработки риска

Методика предполагает приведение итогового риска к 10-бальной шкале, что делает оценку относительной и позволяет динамически рассчитывать риски. Таким образом, при неизменном риск-аппетите будет поддерживаться процесс PDCA. В случае, если необходимо выбрать только один риск для митигации (при равных риск-аппетите и итоговом риске), то можно вернуться на шаг назад. Таким образом, большая шкала оценки позволяет более точно оценить риск и сделать выбор стратегии обработки риска более эффективным.

В результате внедрения методики на практике временные трудозатраты на общую оценку рисков ИБ уменьшились в ~1,97 раза, временные трудозатраты на переоценку конкретного риска в результате внедрения новых мер защиты уменьшились в ~3,6 раза, что доказывает динамичность разработанной методики. Также опрос сотрудников показал, что значительно повысилось удобство в проведении оценки рисков ИБ.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В ходе выполнения работы были решены задачи: проанализирована нормативно-правовая база в области оценки рисков информационной безопасности для кредитно-финансовых организаций; проведён обзор существующих подходов и методик оценки рисков информационной безопасности; разработана удобная для пользователя и экономичная с точки зрения трудозатрат методика оценки рисков информационной безопасности, которая учитывает специфику кредитно-финансовых организаций; оценена разработанная методика на практике.

В результате удалось разработать удобную и экономичную с точки зрения трудозатрат методику оценки рисков ИБ, которая учитывает специфику кредитно-финансовых организаций и соответствует всем требованиям регуляторов отрасли, а также внедрить её на практике в ООО НКО «ЮМани».

В дальнейшем данная методика может быть представлена в виде программного обеспечения, которое в свою очередь обеспечит ещё большую оптимизацию оценки и создания отчётов.

Список использованных источников

1. Положение Банка России от 8 апреля 2020 г. № 716-П «О требованиях к системе управления операционным риском в кредитной организации и банковской группе». // КонсультантПлюс. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_355380/ (дата обращения: 01.03.2024).
2. ГОСТ Р 57580.3-2022. Безопасность финансовых (банковских) операций. Управление риском реализации информационных угроз и обеспечение операционной надежности. Общие положения. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://itglobal.com/wp-content/uploads/2021/05/gost-57580.2.pdf?ysclid=lwcm9fjwx0284177736> (дата обращения: 04.03.2024).
3. ГОСТ Р 57580.4-2022. Безопасность финансовых (банковских) операций. Обеспечение операционной надежности. Базовый состав организационных и технических мер. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://base.garant.ru/406297373/?ysclid=lwcmfdwd8n40980679> (дата обращения: 04.03.2024).
4. Методические рекомендации Банка России от 21 марта 2024 г. № 7-МР «По управлению риском информационной безопасности и обеспечению операционной надежности». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/408674015/?ysclid=lwcmgufcdu97296092> (дата обращения: 04.03.2024).
5. Международный стандарт ISO/IEC 27005:2022. Информационная технология – Методы защиты – Менеджмент рисков информационной безопасности. – 2022. Open GPU Data Science. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rapids.ai/> (дата обращения: 02.04.2024).

Выпускник

Тихонов Степан Николаевич

факультет инфокоммуникационных технологий

e-mail: tikhonovstepan1709@gmail.com

Научный руководитель

Бойцев Антон Александрович

к.ф.-м.н., доцент научно-образовательного центра математики

e-mail: boitsevanton@gmail.com

УДК 004.07

**СОЗДАНИЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПОДСЧЕТА
ИСПОЛЬЗУЕМОЙ РАБОЧЕЙ ТЕХНИКИ С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОСЕТЕЙ**

Ключевые слова

Нейросеть, датасет, компьютерное зрение, детекция, классификация, YOLO, PyTorch, RoboFlow.

Цели и задачи

В современном мире остро стоит проблема роста количества нелегальных свалок, которые ухудшают и разрушают экологию. Поэтому целью данной работы является разработка решения, которое будет отслеживать – довозят ли грузовики мусор до специализированных свалок или выбрасывают по дороге. Это решение должно упростить работу организаций, занимающихся вывозом мусора и помочь найти недобросовестных работников.

Основная часть (методология, результаты)

Исходя из поставленной цели и анализа предметной области были сформированы требования к решению:

1. Система должна находить кузов грузовика на поступающих кадрах (детекция).
2. Система должна классифицировать найденный на изображении кузов в один из классов (пустой или полный кузов).
3. Точность работы системы: нейросеть должны допускать минимум ошибок в своей работе, иными словами, чем точнее будет работать система – тем лучше.
4. Система должна эффективно использовать ресурсы, если на изображении не был найден кузов – классификатор не начинает работать.

5. Система должна работать при наличии шума на изображениях или сильном затенении, кадры могут быть нечеткими из-за погодных условий.
6. Система должна обрабатывать кадры быстро, оптимально – в реальном времени.
7. Гибкость системы: грузовики имеют разные типы и формы кузовов, система должна корректно работать со всеми из них.

После составления требований были выбраны основные технологии, которые использовались в разработке. В качестве основного языка был выбран Python, фреймворк для нейросети-классификатора PyTorch [2]. Детектор – YOLOv5 [3]. Для создания датасета и разметки данных был выбран сайт RoboFlow [1].

Далее была разработана архитектура решения, которая оптимизирует использование ресурсов и скорость работы. Архитектура представлена на рисунке 1.

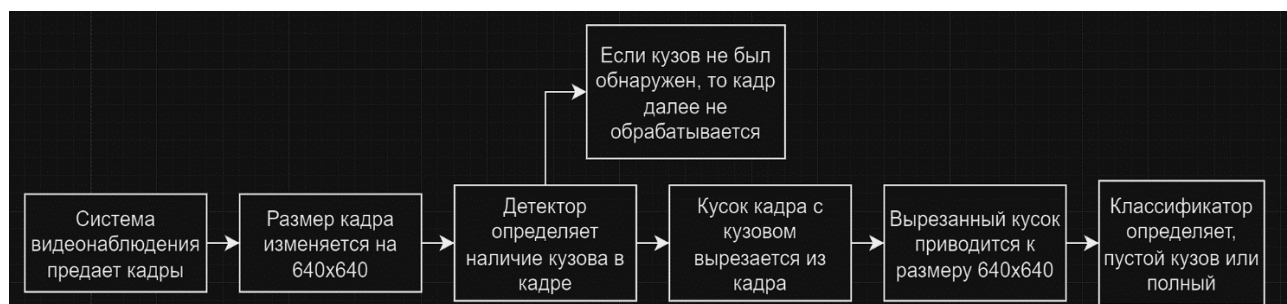


Рис. 1. Архитектура решения

После этого была практическая часть работы – реализация решения. Были подготовлены датасеты для детектора и классификатора, а затем были успешно обучены модели детектора и классификатора. Более подробно ознакомиться с практической частью можно в отчете ВКР.

После реализации решения были проведены тестирование и оценка результатов его работы. На рисунке 2 представлен пример работы решения – как видно на нем, сначала алгоритм определил, что в кадре присутствует кузов грузовика, затем из кадра была вырезана часть с этим кузовом и передана в классификатор, после чего классификатор определил, что кузов является пустым.

Затем была проведена оценка точности и скорости работы решения. На 40 новых кадрах, которые не участвовали в обучении, точность – 100%, что является отличным результатом. Оценка скорости работы решения показала, на GPU один кадр с кузовом обрабатывается 763 мс, а без кузова – 350 мс, на CPU один кадр с кузовом – 956 мс, без – 460 мс. Это тоже хороший результат, хоть и недостаточно быстрый, чтобы обрабатывать все кадры видео в реальном времени.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В результате проведенной работы было полностью разработано решение для автоматизации подсчета используемой рабочей техники. Его роль в дальнейшей работе мусоровывозящих организаций довольно важна:

1. Помогает отслеживать и подсчитывать приезжающие и уезжающие грузовики.
2. Помогает определить недобросовестных работников, которые не довозят строительный мусор до свалки.
3. Позволяет организации заменить часть работников наблюдателей на алгоритм с использованием нейросетей.

Разработанное решение успешно выполняет свои функции, так как спроектировано специально под существующую у компаний проблему.

Стоит также отметить, что у созданного решения есть потенциал развития, так как у компаний могут появиться потребности в новых функциях, которые можно будет реализовать и добавить к уже имеющимся.

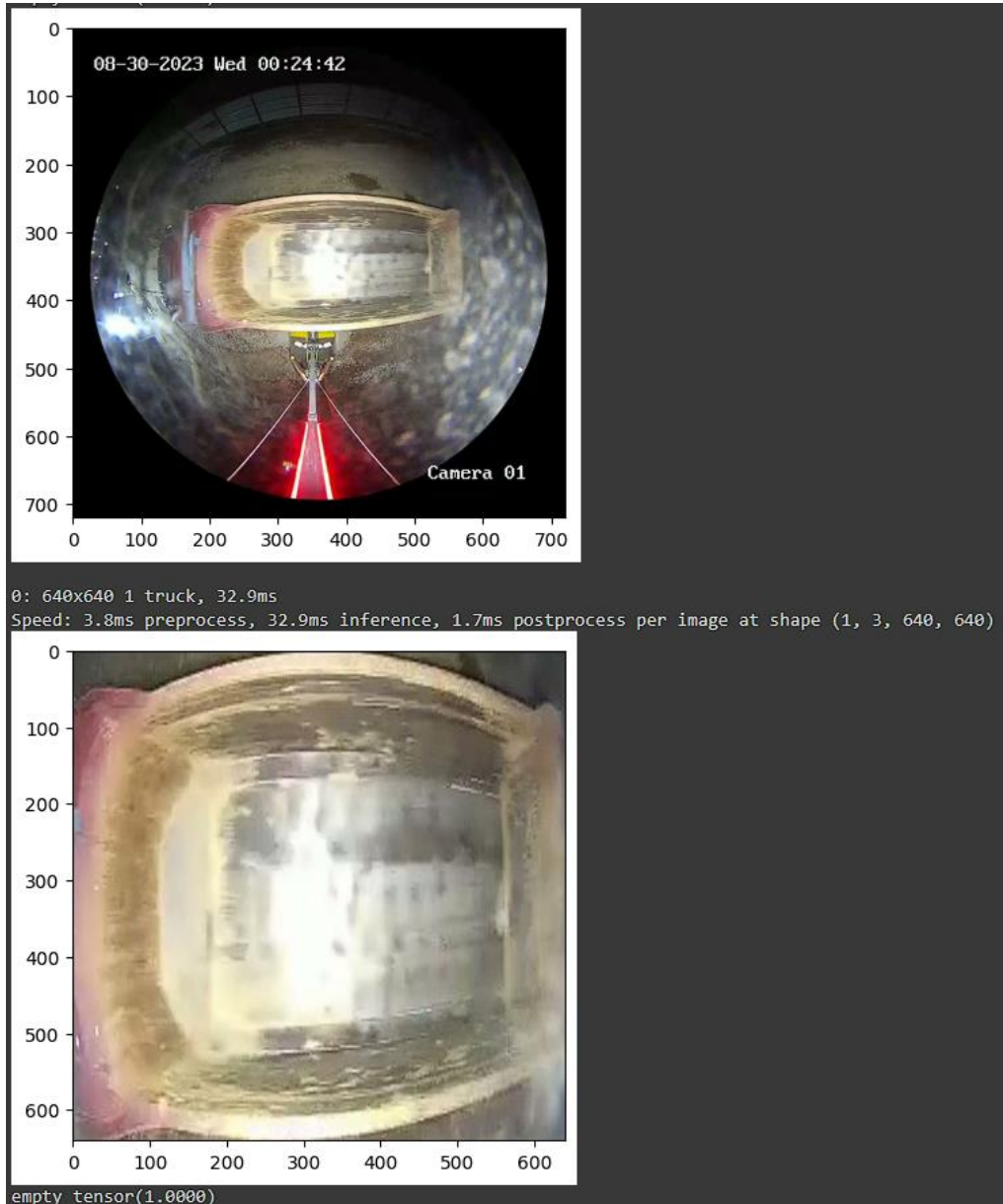


Рис. 2. Пример работы решения

Список использованных источников

1. Документация RoboFlow. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.roboflow.com/> (дата обращения: 10.05.2024).
2. Документация PyTorch. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pytorch.org/docs/stable/index.html> (дата обращения: 05.04.2024).
3. Документация YOLOv5. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.ultralytics.com/ru/yolov5/> (дата обращения: 03.04.2024).

Выпускник

Хмелевский Валерий Александрович
институт лазерных технологий
e-mail: hotlinevalery@yandex.ru

Научный руководитель

Карлагина Юлия Юрьевна
м.н.с., ассистент, институт лазерных технологий
e-mail: jujukarlagina@itmo.ru

УДК 628.9.041.9, 621.373.8, 544.526.5

**РАЗРАБОТКА АКТИВАЦИОННОЙ СТАНЦИИ ДЛЯ ОБЛУЧЕНИЯ
ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ОКСИДОВ
ТИТАНА**

Работа выполнена при поддержке программы «Приоритет 2030».

Ключевые слова

Функциональные покрытия, диоксид титана, фотокатализ, лазерная обработка, активные формы кислорода.

Цели и задачи

Актуальной задачей в условиях медицинских учреждений является обеспечение стерильности поверхностей и материалов. Одним из наиболее эффективных методов борьбы с бактериальным загрязнением является УФ-стерилизация, которая может быть многократно усилена путем активации полупроводниковых покрытий с последующей генерацией активных форм кислорода, которые уничтожают широкий спектр бактерий. Для детального исследования возможностей и границ применения данного метода была поставлена цель - разработка и создание активационной станции для облучения фотокаталитических покрытий, формируемых путем лазерной термохимической записи на поверхности металлов, которая успешно решена в данной работе.

Основная часть (методология, результаты)

На данный момент в области медицины для стерилизации поверхностей и материалов применяются ртутные лампы, импульсные ксеноновые дуговые лампы, эксимерные лампы [1]. Однако, данные источники обладают широким спектром излучения, вследствие чего произвести

оценку влияния выделенной длины волны на фотокаталитическую активность того или иного полупроводникового покрытия становится невозможным. Реализовать этот подход возможно с использованием УФ-светодиодов узкого спектрального диапазона, так как они позволяют воздействовать на исследуемые образцы определенной длиной волны [2, 3, 4]. Была разработана общая концепция активационной станции, позволяющая одновременно облучать несколько видов образцов с лазерно-индуцированными оксидными покрытиями светодиодной цепью с определенной длиной волны. Были собраны 3 вида светодиодных цепей с разными длинами волн (365 нм, 380 нм, 400 нм), а также добавлена возможность установки высоты светодиодов относительно образцов, чтобы обеспечить возможность равномерного облучения. В соответствии с техническим заданием необходимо было обеспечить определенное время экспозиции образцов, чтобы облучить их достаточной дозой облучения для достижения активации кислорода, исходя из этого была собрана расширенная электрическая цепь, содержащая программируемую плату Trema Shield (клон Arduino), которая позволяла устанавливать определенное время работы активационной станции. Также необходимо было добавить звуковой сигнал по окончании работы и обеспечить вентиляцию корпуса, таким образом в систему был добавлен Зуммер Trema-модуль, издающий сигнал, и включены кулеры, осуществляющие обдув. Далее была проверена корректность работы активационной станции (рисунок, а) с помощью измерения её параметров.

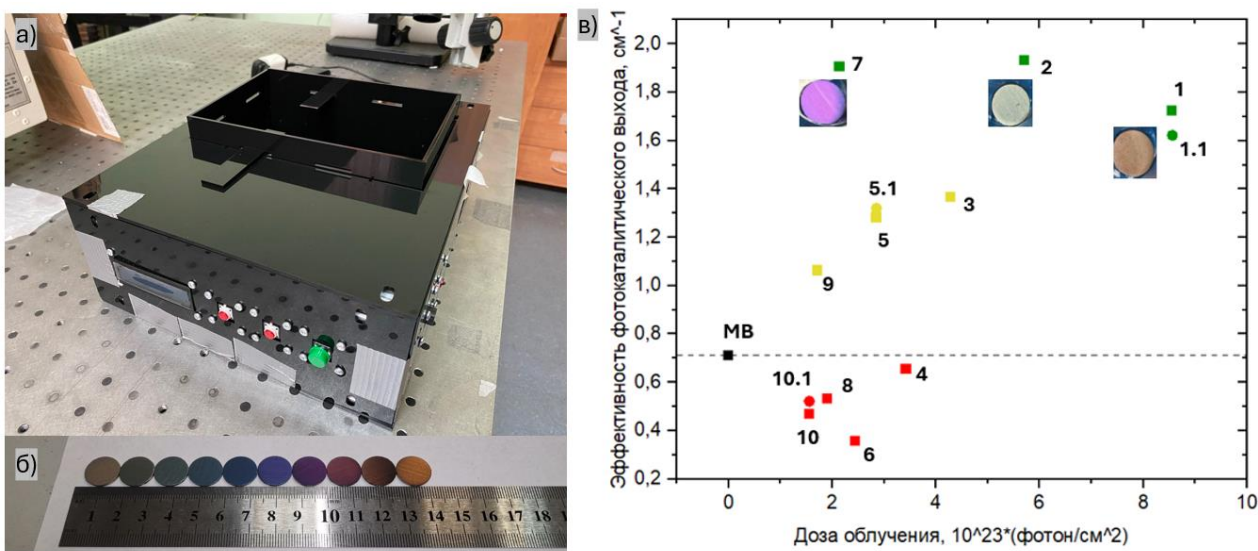


Рисунок. Собранная активационная станция а), оксидные плёнки, созданные в различных режимах лазерной обработки б), зависимость эффективности фотокаталитического выхода от дозы облучения для 400 нм (квадрат) и 380 нм (круг)

Ключевые параметры (сила тока, напряжение, температура светодиодов) менялись незначительно, что свидетельствовало о корректности работы системы. Далее для того, чтобы убедиться в фотокаталитической активности образцов с лазерно-индуцированными оксидными покрытиями, был поставлен модельный эксперимент, в ходе которого титановые образцы подвергались лазерному облучению для формирования покрытий из оксидов титана. Далее образцы с покрытиями (рисунок, б) окунались в раствор красителя метиленового синего и облучались УФ-излучением (данная серия опытов была также проведена с растворами без образцов), что приводило к активации кислорода и деградации раствора. В последствии был проведен спектрофотометрический анализ полученных коллоидов и построены зависимости коэффициента экстинкции от длины волны УФ-облучения. Проанализировав данные зависимости, был сделан вывод о том, что раствор, содержащий образцы с покрытиями, деградирует сильнее, чем обычный раствор. Также был проведен расчёт эффективности фотокаталитического выхода и дозы лазерного облучения и построена зависимость данных величин. Проанализировав графики, был сделан вывод о том, что существует группа образцов

(1, 2, 7), которые обладают наибольшей фотокаталитической активностью, но данная зависимость является нелинейной и зависит от морфологии поверхности оксидных покрытий. Также была выявлена группа образцов, снижающих деградацию раствора (4, 6, 8, 10).

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В ходе работы была разработана и создана активационная станция для облучения фотокаталитических покрытий на основе оксидов титана. Данная активационная станция позволяет инициировать фотокатализ лазерно-индуцированных оксидных покрытий с использованием светодиодных источников с различными длинами волн УФ и синего диапазона – 365 нм, 380 нм, 400 нм. Исследована стабильность работы активационной станции при нормальных условиях: станция обеспечивает необходимые параметры облучения при заданных параметрах УФ-источников. Проведена серия экспериментальных исследований фотокаталитической активности лазерно-индуцированных оксидных покрытий, по результатам которых выявлена группа образцов, повышающих фотокаталитический выход, следовательно и антибактериальную активность среды. Кроме того, выявлена группа образцов, напротив, снижающих фотолиз раствора метиленового синего. Данные покрытия представляют особый интерес для создания устройств, устойчивых ко внешнему УФ-воздействию.

В продолжении работы будет проведено исследование зависимости эффективности фотокаталитического выхода от физико-химических свойств лазерно-индуцированных оксидных покрытий, таких как химический состав, толщина оксидных пленок, площадь поверхности, которое позволит предсказать наиболее эффективную пару длина волны-тип оксидного покрытия для биомедицинских применений.

Разработанная активационная станция имеет потенциал коммерческого применения в области медицины для обеспечения стерильности поверхностей и материалов, а также для проведения широкого спектра экспериментальных исследований в лабораторных условиях.

Список использованных источников

1. Memarzadeh F. A review of recent evidence for utilizing ultraviolet irradiation technology to disinfect both indoor air and surfaces // *Applied Biosafety*. – 2021. – Т. 26. – №. 1. – Pp. 52–56.
2. Elgohary E.A. et al. A review of the use of semiconductors as catalysts in the photocatalytic inactivation of microorganisms // *Catalysts*. – 2021. – Т. 11. – №. 12. – P. 1498.
3. Wang J. et al. Oxygen-vacancy-enhanced singlet oxygen production for selective photocatalytic oxidation // *ChemSusChem*. – 2020. – Т. 13. – №. 13. – Pp. 3488–3494.
4. Karlagina Y. et al. Laser-induced antibacterial coating on the surface of an individual titanium membrane designed by a neural network // *Optical and Quantum Electronics*. – 2023. – Т. 55. – №. 9. – P. 775.

Выпускник

Хорсова Ирина Викторовна

научно-образовательный центр фотоники и оптоинформатики
e-mail: ixorsova2002@mail.ru

Научный руководитель

Цыпкин Антон Николаевич

д.ф.-м.н. руководитель лаборатории квантовых процессов и измерений, директор научно-образовательного центра фотоники и оптоинформатики
e-mail: tsypkinan@mail.ru

УДК 35.24.12

**ПРИМЕНЕНИЕ КРИПТОГРАФИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА
С ОТКРЫТЫМ КЛЮЧОМ ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ
МЕТОДОМ ПСЕВДОТЕПЛОЙ ФАНТОМНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ**

Ключевые слова

Криптография, фантомная визуализация, сжатие, зашумлённый канал.

Введение

Технологии оптического шифрования на сегодняшний день привлекают большое внимание со стороны исследователей, и в частности, такая область, как фантомная визуализация – методика получения изображений, основанная на использовании пространственных корреляций пучков света. В сфере передачи информации особенность данной технологии заключается в разделении пространства ключей на два набора, без которых невозможно восстановить исходные данные. Таким образом, увеличивается криптостойкость по сравнению с традиционными методами связи [1]. Разработкой способов кодирования потока данных на основе метода фантомной визуализации активно занимаются последние несколько лет [2–5]. Среди них есть различные методики: использование паттернов Адамара [2], вейвлет-преобразования [3], вычислительная фантомная визуализация [4] и в том числе скремблирование пикселей с последующим использованием последовательностей ДНК [5].

Все описанные методики имеют криптостойкость для защиты канала от злоумышленника, однако они требуют большую вычислительную мощность, использование закрытого канала для передачи ключей или какой-либо вспомогательной информации и абстрагированы от существующих систем передачи данных. Для решения этих проблем в данной работе используется предложенный алгоритм сжатия и сертифицированные криптографические асимметричные и симметричные алгоритмы шифрования, применяемые к методу фантомной визуализации.

В данной работе предлагается использование широко-применяемых сертифицированных классических алгоритмов – RSA классический, RSA на эллиптических кривых, AES, Triple DES. Благодаря им техника фантомной визуализации приблизится к возможности реализации в промышленном масштабе, а в связке с написанным для проекта

алгоритмом преобразования исходных данных в более компактную последовательность станет возможна передача по зашумлённому каналу.

Основная часть (методология, результаты)

Общая схема отправки пакета данных по предложенной технологии изображена на рисунке 1. В канале отправителя исходными данными является набор паттернов ($I(x,y)$) и интегральных интенсивностей (D). Паттерны обрабатываются с помощью предложенного алгоритма. После данного преобразования появляется вспомогательный массив, содержащий в себе основные данные от изначальных паттернов и без которого невозможно восстановить их исходный вид. Он шифруется вместе с интегральными интенсивностями с помощью классических криптографических алгоритмов по методике, рассмотренной во второй главе. После чего все данные передаются по открытому каналу и расшифровываются получателем. Таким образом восстанавливается отправляемое изображение.

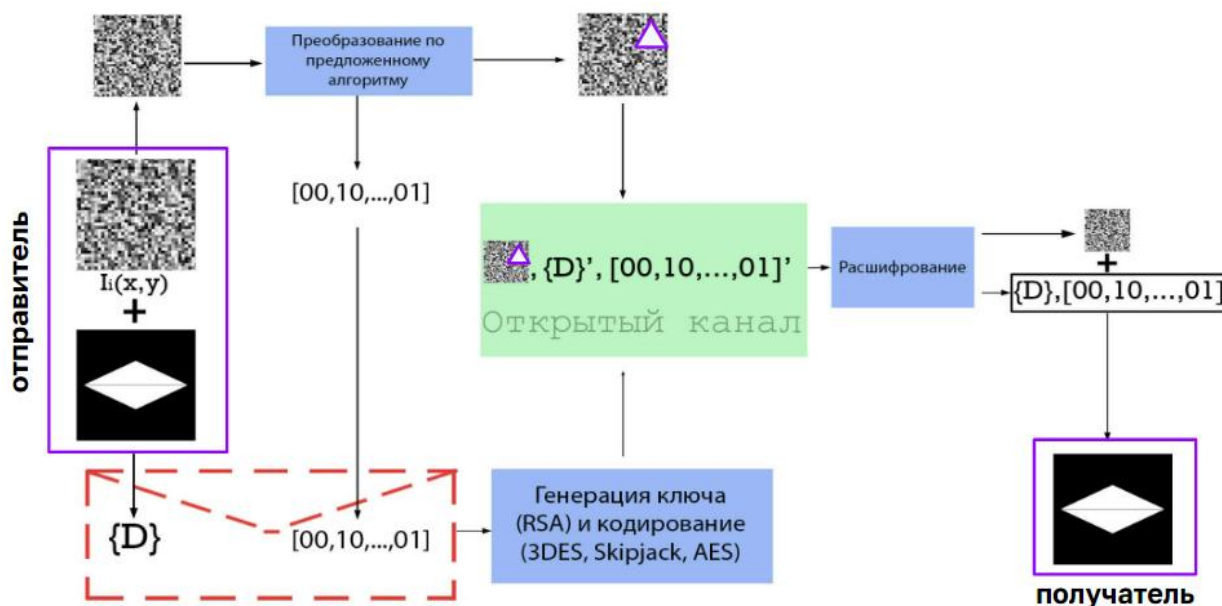


Рис. 1. Схема передачи информации с помощью метода фантомной визуализации

Аналитические результаты

Из вычисленных коэффициентов корреляции между изображением, восстанавливаемым в канале отправителя с исходными паттернами, и изображением, полученным с помощью переданных паттернов по зашумлённому каналу, составлена зависимость от степени зашумлённости канала передачи (рис. 2).

По полученному графику видно, что с закодированными паттернами восстановленное изображение получается лучшего качества, чем если бы набор наших данных никак не преобразовывался. Что не менее важно, моделирование проводилось со всеми комбинациями асимметричных и симметричных алгоритмов, однако шифрование не повлияло на качество воспроизводимого изображения, а все изменения в коэффициенте корреляции связаны с использованием предложенного алгоритма.

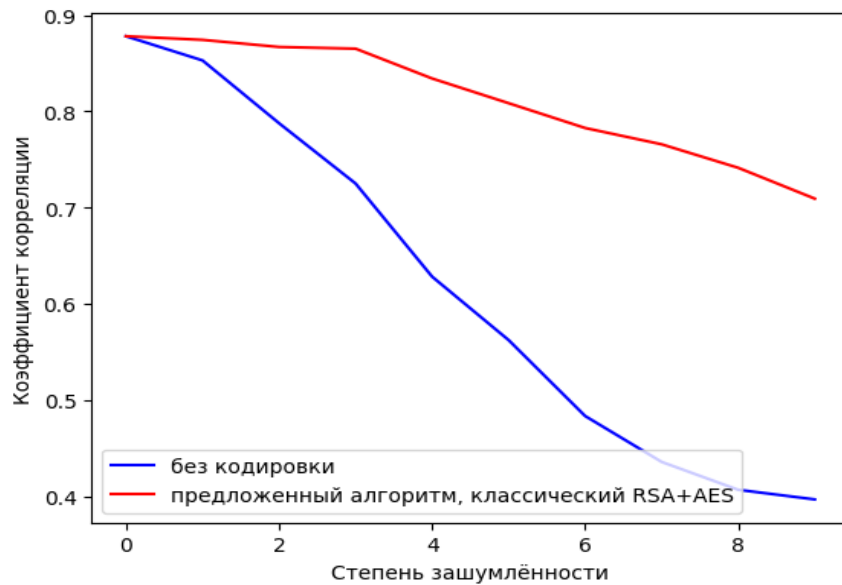


Рис. 2. Коэффициент корреляции между изображением, восстановленным после передачи паттернов по зашумлённому каналу, и изначальным восстановленным изображением

Экспериментальные результаты передачи информации предложенным методом

На эксперименте аналогично моделированию передавались два набора паттернов: закодированные и незакодированные. На SLM-модулятор направлялось лазерное излучение, за счёт чего генерировались передаваемые в пространстве паттерны, которые далее направлялись на камеру с пространственным разрешением. На проходящий паттернами путь оказывалось дополнительное световое воздействие, которое представляет собой аддитивное зашумление данных.

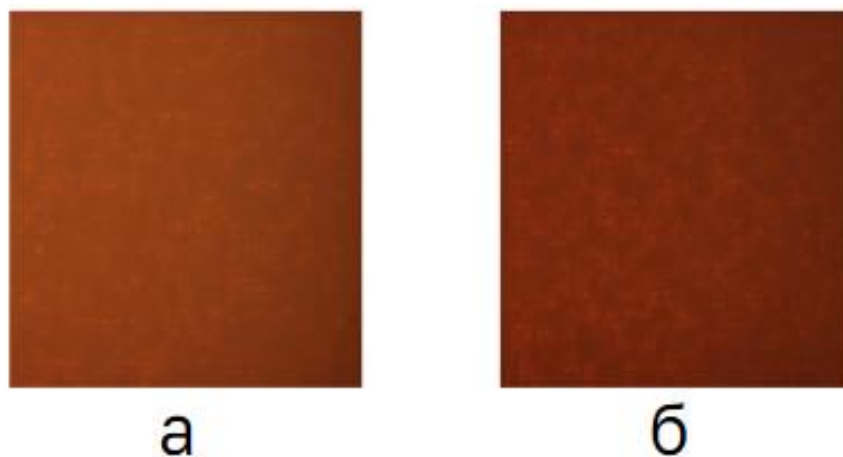


Рис. 3. Зашумлённые паттерны: а) закодированный, б) незакодированный

Снимки с камеры (рис. 3) программно обрабатывались для получения массивов паттернов. С помощью наборов из 1000 таких паттернов восстанавливались изображения, и как видно из рисунка 4 в случае закодированных паттернов даже в условиях сильной зашумлённости изображение удалось восстановить, а с незакодированными получилось лишь черно-белое распределение структуры шума.

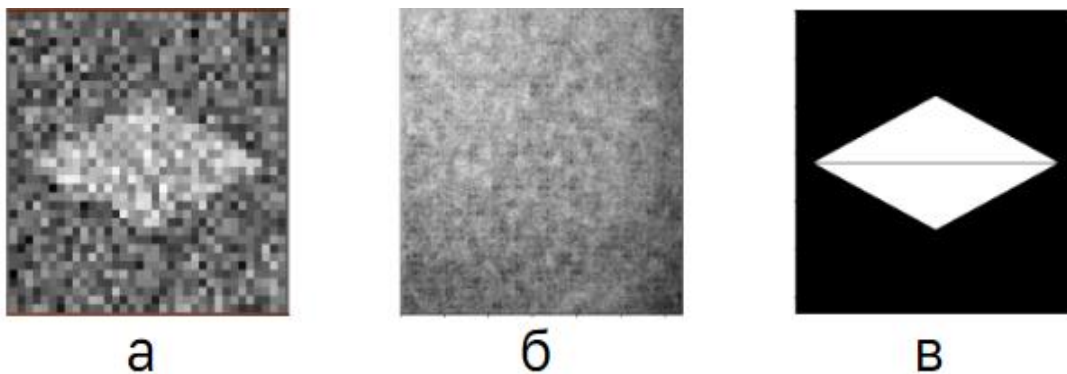


Рис. 4. а) изображение, восстановленное с закодированными паттернами, б) изображение, восстановленное с незакодированными паттернами, в) исходное изображение

Расчёт криптостойкости

Для качественной защиты конфиденциальности отправляемых пакетов данных от злоумышленника алгоритмы, шифрующие информацию, должны обладать трудно воспроизводимым в обратную сторону математическим аппаратом или достаточным количеством операций для невозможности перебора существующих ключей. Исходя из этого, криптостойкость можно рассчитать во времени, затрачиваемом на нахождение подходящего ключа. Результаты таких подсчётов приведены в таблице.

Таблица. Количество лет для дешифровки информации, передаваемой по методу фантомной визуализации с использованием криптографических алгоритмов

Используемый алгоритм	Количество лет на взлом
Triple DES (56 бит)	19
Triple DES (64 бита)	4780
AES (128 бит)	$9 \cdot 10^{22}$
AES (192 бита)	$1,6 \cdot 10^{42}$
AES (256 бит)	$2,9 \cdot 10^{61}$

Выводы

В настоящей работе приведён анализ существующих способов передачи информации методом фантомной визуализации, с помощью которого выявлено, что за счёт фантомных изображений увеличивается криптостойкость протоколов шифрования, используемых с ними в связке. Увеличивается она благодаря разделению пространства ключей на два набора данных и необходимости составления функции пространственной корреляции между ними для получения исходной информации. Однако существующие системы требуют сложной синхронизации и занимают большой объём памяти по сравнению с передаваемым сообщением.

В соответствии с этим был предложен и разработан метод кодирования пакетов исходных данных, имеющих от операций фантомной визуализации, с помощью специально предложенного алгоритма, связывающего их с этапом шифрования. Этот алгоритм позволяет значительно уменьшить объём шифруемых данных: например, набор из 5000 паттернов с разрешением 320x320, который весит около 500 Мб, преобразуется в массив 1,5 Мб и на вход криптографических алгоритмов уже подаётся в 332 раза меньший объём информации. А использующиеся классические сертифицированные криптографические алгоритмы позволяют синхронизовать вычислительную фантомную визуализацию с существующими надёжными протоколами шифрования, повсеместно использующимися в компьютерных сетях.

Список использованных источников

1. Wang F., Wang Ch., Chen M. Far-field super-resolution ghost imaging with a deep neural network constraint // *Nature*. – 2022. DOI: 10.1038/s41377-021-00680-w.
2. Kang Y., Zhang L., Ye H, Liu B., Pu S., Zhang D, Zhuang S. Visual cryptography based on ghost imaging and Hadamard transform // *Quantum information processing* – 2023. DOI: 10.1007/s11128-022-03821-1.
3. Huang H., Han Z. Computational ghost imaging encryption using RSA algorithm and discrete wavelet transform // *ScienceDirect* – 2024. DOI: 10.1016/j.rinp.2023.107282.
4. Rajabi-ghaleh S., Olyaeefar B., Kheradmand R., Ahmadi-kandjani S. High Security Optical Encryption based on Sweeping Computational Ghost Imaging // *Research Square*. – 2020. DOI: 10.21203/rs.3.rs-132235/v1.
5. Gong L., Qiu K., Deng C. et al. An optical image compression and encryption scheme based on compressive sensing and RSA algorithm // *Optics and Lasers in Engineering*. – 2019. – №. 121. – Pp. 169–180.

Выпускник

Чапасов Пётр Константинович

факультет безопасности информационных технологий

e-mail: petr.chapasov2002@gmail.com

Научный руководитель

Голованов Андрей Андреевич

ассистент, факультет безопасности информационных технологий

e-mail: aagolovanov@itmo.ru

УДК 004.056.55

**РАЗРАБОТКА БЕЗОПАСНОГО ПРОТОКОЛА ДИСТАНЦИОННОГО
ЭЛЕКТРОННОГО ГОЛОСОВАНИЯ С ВОЗМОЖНОСТЬЮ ИЗМЕНЕНИЯ
ВОЛЕИЗЪЯВЛЕНИЯ ИЗБИРАТЕЛЯ**

Работа выполнена в рамках темы НИР №623106 «Автономные интеллектуальные системы».

Ключевые слова

Проблема принуждения, свойство непринуждаемости, протоколы голосования, гомоморфное шифрование, протоколы ДЭГ, изменение волеизъявления.

Цели и задачи

С каждым годом популярность электронного голосования растет, так, например, в этом году одна из таких систем была применена на выборах президента Российской Федерации. Однако использование информационных технологий влечет за собой риски нарушения основных свойств информации. Так, многие протоколы электронного голосования не уделяют должного внимания свойству конфиденциальности. Цель работы – повышение конфиденциальности дистанционного электронного голосования.

Для достижения цели поставлены следующие задачи: провести анализ существующих протоколов электронного голосования, выявить проблематику, определить критерии оценки разработанного протокола, разработать протокол электронного голосования, повышающий уровень конфиденциальности, оценить полученные результаты.

Основная часть (методология, результаты)

Большинство существующих протоколов не достигают свойства непринуждаемости электронного голосования, которое принято включать в состав свойства конфиденциальности информации [1]. Это свойство принято считать недостижимым при использовании лишь криптографических примитивов. Однако существует протокол Лохера-Хайни-Кёнега, достигающий данное свойство. При этом протокол не выполняет свойства эффективности, надежности и удобства электронного голосования, что делает его непригодным к масштабированию [2]. Таким образом, перечень критериев оценки представлен следующим списком:

- конфиденциальность избирателя;
- отсутствие квитанций;
- защита от принуждения к воздержанию;
- защита от принуждения к случайному выбору;
- защита от принуждения к направленному выбору;
- защита от принуждения к передаче идентификационных данных;
- эффективность;
- удобство;
- надежность.

В основу протокола легла идея реализовать возможность изменения волеизъявления избирателя. Для этого весь протокол был построен на основе полностью гомоморфной системы шифрования. Это вид шифрования, позволяющий производить одновременно и сложение, и умножение с учетом их дистрибутивности с зашифрованным текстом и получать зашифрованный результат, который соответствует результату операций, выполненных с открытым текстом [3]. Избиратель при голосовании отправляет два зашифрованных числа: голос «за» (+1) или «против» (-1) и множитель (+1, 0 или -1). Во время этапа голосования избиратель может менять множитель, что изменит итоговый результат, при этом и голос, и множитель остаются неизвестны третьим лицам. Весь протокол состоит из трех этапов: этап подготовки, этап голосования и этап подсчета результатов. Участниками протокола являются: администратор голосования, фиксированное количество счетчиков, фиксированное количество публичных досок объявлений и избиратели.

Результат оценки разработанного протокола по выделенным критериям и его сравнение с протоколом Лохера-Хайни-Кёнега представлены в таблице.

Таблица. Итоговая оценка разработанного протокола

Критерии оценки	Разработанный протокол	Протокол Лохера и других
Конфиденциальность избирателя	+	+
Отсутствие квитанций	+	+
Защита от принуждения к воздержанию	+	±
Защита от принуждения к случайному выбору	±	+
Защита от принуждения к направленному выбору	+	+
Защита от принуждения к передаче идентификационных данных	+	±
Эффективность	±	-
Удобство	+	-
Надежность	+	-

Оценка разработанного протокола показала, что защита от принуждения к случайному выбору и свойство эффективности выполняются частично. Все остальные свойства выполняются полностью. Таким образом, протокол обеспечивает свойство непринуждаемости, что обеспечивает конфиденциальности информации. При этом протокол сохраняет и другие свойства электронного голосования в отличие от аналога.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В ходе работы был проведен анализ существующих протоколов электронного голосования, основанных на различных технологиях, и на основании анализа и опыта существующих протоколов был разработан протокол дистанционного электронного голосования, основанный на полностью гомоморфной системе шифрования. Разработанный протокол реализует возможность изменения волеизъявления избирателя, тем самым решая проблему непринуждаемости и повышая уровень конфиденциальности дистанционного электронного голосования.

В дальнейшем планируется реализовать опытный образец системы, применяющий разработанный протокол электронного голосования, с целью определения оптимальной конфигурации для работы протокола. Также планируется оптимизация протокола путем разработки неинтерактивного протокола доказательства с нулевым разглашением и решения проблемы накопления математического шума полностью гомоморфными системами шифрования.

Список использованных источников

1. Review of Cryptographic Schemes applied to Remote Electronic Voting systems: remaining challenges and the upcoming post-quantum paradigm. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/math-2018-0013/html?lang=en> (дата обращения: 19.02.2024).
2. Locher P., Haenni R., Koenig R.E. Coercion-resistant internet voting with everlasting privacy // Financial Cryptography and Data Security: FC 2016 International Workshops, BITCOIN, VOTING, and WAHC, Christ Church, Barbados, February 26, 2016, Revised Selected Papers 20. – Springer Berlin Heidelberg, 2016. – Pp. 161–175.
3. Gentry C. A fully homomorphic encryption scheme. - Stanford: Stanford university, 2009. – 209 с.

Выпускник

Чудаков Руслан Рафаэлевич

Факультет технологического менеджмента и инноваций

e-mail: chudakov.rus@inbox.ru

Научный руководитель

Евгений Сергеевич Филатов

Преподаватель факультета технологического менеджмента и инноваций

e-mail: gedeburg@yandex.ru

УДК 004.4

**ОПТИМИЗАЦИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ ПРЕДПРИЯТИЯ
ПОСРЕДСТВОМ АВТОМАТИЗАЦИИ МЕЖСИСТЕМНОГО
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ**

Ключевые слова

Автоматизация, межсистемное взаимодействие, бизнес-процессы, информационные системы, интеграция систем, цифровая трансформация.

Цели и задачи

Для повышения эффективности внутреннего делопроизводства и взаимодействия с партнерами необходимо настроить интеграцию между системами. Целью работы является оптимизация потоков информации по договорам предприятия при взаимодействии пользователей информационных систем холдинга. Для этого проводится теоретический осмотр систем ERP и ЭД, анализируются их роль в деятельности компании и положение на рынке. Выявляются и описываются актуальные методы интеграции информационных систем, анализируется текущее состояние бизнес-процессов и ИТ-инфраструктуры предприятия. На основе этих данных разрабатываются требования и предложения по автоматизации межсистемного взаимодействия.

Основная часть (методология и результаты)

Интеграция рассмотрена на пример ERP и СЭД. Системы ERP могут закрывать все потребности организаций, однако количество организаций, использующих несколько информационных систем от общего числа, составляет 80% [1] и многие компании производители ERP-систем разрабатывают внешние системы для реализации функционала СЭД [2, 3, 4]. На основе данных о системах выявлены, что ERP является самостоятельным обработчиком данных, то есть позволяет возложить полностью на неё задачи: составление отчётности, выбор поставщика для конкретных услуг из имеющегося перечня, формирование аналитики и так далее [5]. А также определён функционал СЭД, к которому можно отнести: автоматизацию документооборота, автоматизацию регистрации и контроля движения

документов, быстрый поиск и доступ к документам, структурирование хранения файлов, автоматизацию взаимодействия с сотрудниками компании, отслеживание действий с документами, поддержку работы с электронной подписью, интеграцию с другими системами общества, масштабируемость [6].

Определена роль систем в деятельности компании, а также проанализировано состояние рынка, для оценок его перспективности и выявление компаний лидеров среди интеграторов систем. Далее рассмотрены наиболее эффективные методы интеграции систем между собой. На основании вышеописанных данных для дальнейшей деятельности выбрана компания ООО «Газпром переработка» [7], по ряду причин: специфика рода деятельности, предполагающая наличие мощной ИТ-инфраструктуры; статус дочернего общества ПАО «Газпром», предполагающий взаимодействие с внешними системами; использование для своей деятельности информационных систем, занимающих лидирующее положение на рынке.

Анализ деятельности и ИТ-инфраструктуры организации в сфере управления договорами позволяет построить и проанализировать схемы бизнес-процессов AS-IS с выявлением слабых мест. В связи с этим и ограничениями, исходя из возможностей компании, вывалены обоснования выбранных подходов к автоматизации межсистемного взаимодействия: общероссийская тенденция перехода на отечественное ПО; системы находятся в ведении разных подразделений; организация имеет ограниченный набор ресурсов; перепроектировка системы SAP ERP невозможна; применение новых технологий от компании поставщика услуг невозможно. А также выявлены доступные методы автоматизации: интеграционная шина, экспорт/импорт файлов, брокер сообщений. По итогу также построена схема TO-BE. Обе схемы более подробно описаны в приложениях к работе в связи с их объёмностью.

Ключевые этапы разработки также отображены на диаграмме Ганта для определения сроков реализации (рисунок).

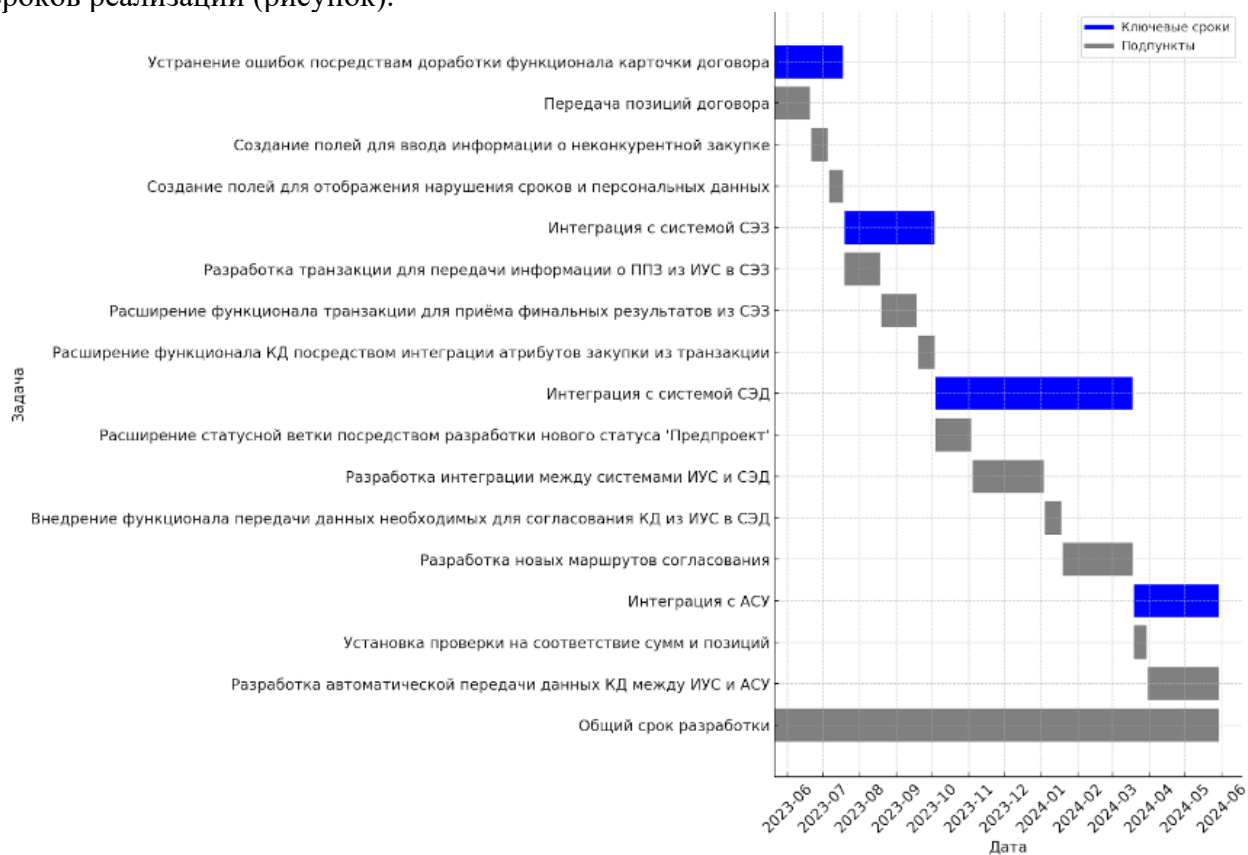


Рисунок. Диаграмма Ганта

На последнем этапе в процессе реализации проекта компания столкнулось с увлечением сроков реализации разработки интеграционной шины со стороны внешней организации. В связи с чем было принято решение разработать локальный скрипт. Данный скрипт выполняет

следующие функции: забирает данные; передаёт данные во внешнюю систему; работает с ошибками в процессе передачи. Взаимодействие с системами на уровне прямого подключения невозможно, так как сервера находятся под управлением внешней организации, в связи с чем работать с системой можно на уровне презентации.

В результате оценка проведённых работ был выявлен ощутимый прирост по ряду показателей, а именно: снижение числа ошибок на 72%, прирост производительности труда на 46%, снижение операционных затрат на 9%, увеличение скорости обработки договоров на 62%.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

Интеграция информационных систем, таких как ERP и СЭД, значительно улучшила управление договорными потоками в компании, что привело к снижению числа ошибок и увеличению производительности труда. Основные преимущества включают снижение операционных затрат и ускорение обработки документов. Для дальнейшего развития планируется расширение применения разработанной методики на другие предприятия с аналогичными потребностями, а также интеграция с более широким спектром программного обеспечения. Это позволит повысить универсальность и адаптивность системы, обеспечивая её эффективность в различных бизнес-средах и отраслях.

Список использованных источников

1. Cloud leaders embrace mature multi-cloud architectures and strategies. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www2.deloitte.com/us/en/blog/deloitte-on-cloud-blog/2022/cloud-leaders-embrace-mature-multi-cloud-architectures-strategies.html> (дата обращения: 20.04.2024).
2. Что такое ERP. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.sap.com/central-asia-caucasus/products/erp/what-is-erp.html> (дата обращения: 21.04.2024).
3. 1С:ERP. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://v8.1c.ru/crm-erp/> (дата обращения: 20.04.2024).
4. Microsoft Dynamics AX.: Microsoft. [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://dynamics.microsoft.com/ru-ru/ax/#sort=relevancy&f:@version=\[Microsoft%20Dynamics%20AX](https://dynamics.microsoft.com/ru-ru/ax/#sort=relevancy&f:@version=[Microsoft%20Dynamics%20AX) (дата обращения: 20.04.2024).
5. Mahmood Ali, Lloyd Miller ERP system implementation in large enterprises – a systematic literature review // Journal of Enterprise Information Management. – 2017. – Vol. 30. – №. 4. – Pp. 666–692.
6. Алтухова Н.Ф., Дзюбенко А.Л., Лосева В.В., Чечиков Ю.Б. Системы электронного документооборота: учебное пособие: учебное пособие — М.: КНОРУС, 2021. — 202 с.
7. Газпром переработка.: pererabotka. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://pererabotka.gazprom.ru/> (дата обращения: 02.05.2024).

Выпускник

Шевелёв Илья Андреевич

факультет систем управления и робототехники

e-mail: ilya.shewelev@yandex.ru

Научный руководитель

Юльметова Ольга Сергеевна

д.т.н., АО «концерн «ЦНИИ «Электроприбор»

e-mail: yulmetova@itmo.ru

УДК 004.04

**ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ
ГАЗОВЫХ ЯЧЕЕК МОБИЛЬНОГО КВАНТОВОГО МАГНИТОМЕТРА**

Ключевые слова

Газовая ячейка, цезий, технология изготовления, субоксиды цезия, буферный газ, энергия Гиббса, химическая термодинамика, лазерная спектроскопия.

Цели и задачи

Целью данной работы является разработка технологического процесса изготовления газовых ячеек магнитометра с оптической накачкой, включающего заполнение газовых ячеек парами цезия и азота.

Основная часть (методология, результаты)

Для разработки технологической операции необходимо решение следующих задач:

1. Обзор и анализ существующих технологических решений в области создания и заполнения газовых ячеек.
2. Исследование физико-химических принципов, отвечающих за работу газовой ячейки.
3. Исследование процессов подготовки и очистки стеклянной ампулы перед вскрытием капсулы с цезием.
4. Определение возможных химических взаимодействий, которые могут протекать в рассматриваемой системе.

Исследование физико-химических принципов [1] и химических взаимодействий проводилось для определения реакций, проходящих внутри ячейки после вскрытия капсулы с

цезием. Для расчета взаимодействий внутри ячейки использовался инструментарий химической термодинамики [2], в том числе расчет изобарно-изотермического потенциала (энергии Гиббса) рассматриваемого взаимодействия.

Для исключения вредоносных факторов были проведены испытания на вакуумном стенде [3].

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В результате выполнения данной работы были:

- исследованы факторы, влияющие на скорость релаксации атомов цезия в газовой ячейке; выявлены направления повышения времени жизни ячейки за счет использования буферных газов;
- определены возможные химические реакции в системе «цезий-азот-кислород», оценена термодинамическая разрешенность их протекания на основе аналитических расчётов энергий Гиббса этих реакций;
- выполнены экспериментальные образцы, осуществлено сопоставление цветовой гаммы экспериментально полученных продуктов реакций с цветом продуктов термодинамически разрешенных взаимодействий, в результате чего выявлено формирование субоксидов цезия;
- проведен эксперимент, выявивший процесс газовой выделения в ячейке при ее нагревании на вакуумном посту, что свидетельствует о необходимости не только химической очистки ячейки, но и вакуумной, путем обезгаживания и прогревания, определены режимы обезгаживания;
- предложена технологическая схема, включающая последовательность операций при изготовлении ячеек магнитометра, учитывающая особенности взаимодействия цезия с примесями кислорода в азоте.

Список использованных источников

1. Piccolomo S. Chip-scale atomic magnetometer. – 2016. – P. 183.
2. Плющев В.Е., Степин Б.Д. Химия и технология соединений лития, рубидия и цезия. – 1970. – С. 408.
3. Соколов А.Н. и др. Исследование парциальных давлений газов в вакуумном объеме с применением многофункционального высоковакуумного откачного агрегата // Известия СПбГЭТУ ЛЭТИ. – 2021. – №. 3. – С. 5–10.

Выпускник

Шейна Елизавета Сергеевна

факультет технологического менеджмента и инноваций

e-mail: sheina.02111@gmail.com

Научный руководитель

Голубева Антонина Станиславовна

преподаватель факультет технологического менеджмента и инноваций

e-mail: astgolubeva@itmo.ru

УДК 332.012

**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДОЛОГИИ ФОРСАЙТ
ДЛЯ АНАЛИЗА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТРЕНДОВ В СФЕРЕ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ИННОВАЦИЙ НА ПРИМЕРЕ ОТРАСЛИ
МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В IT ИНДУСТРИИ**

Ключевые слова

Форсайт, анализ трендов, машинное обучение, искусственный интеллект, прогнозирование.

Цели и задачи

В связи со стремительным развитием сферы AI и все большим внедрением технологий ML, возрастает потребность в выявлении трендовых технологий в этой сфере для последующего внедрения в бизнес-процессы и удержания конкурентного преимущества компании, а также для инновационного развития компаний. Существует множество методов анализа трендов. Говоря о стратегическом анализе, существует методология Форсайт, которая потенциально может быть успешно применена в сфере машинного обучения. Поэтому цель исследовательской работы — провести оценку эффективности применения методологии Форсайт для анализа и прогнозирования трендов в сфере машинного обучения.

Основная часть (методология, результаты)

В ходе анализа была выявлена большая роль анализа трендов в ML и их прогнозирования для компаний [1], поскольку именно анализ новых тенденций и стратегическое планирование по их адаптации помогает компаниям сохранять конкурентное преимущество, внедрять инновации, оптимизировать ресурсы для минимизации затрат и пр. Одним из методов анализа и прогнозирования технологических трендов является применение методологии Форсайт. Было выдвинуто предположение о потенциальной эффективности использования именно

этого метода для анализа и прогнозирования трендов. Для этого был проведен сравнительный анализ методов, используемых в Форсайт-исследованиях, на предмет их применимости к сфере ML. Был определен ряд методов, которые наиболее применимы для этой сферы. Было выявлено общее свойство этих методов — вовлечение экспертов. Данное свойство стало ключевым при последующем анализе и отборе необходимых методов.

Далее была подробно изучена и проанализирована сфера AI, в частности ML. В ходе анализа была выявлена особенность сферы AI и ML — взаимная зависимость AI и сопутствующих технологий (в частности ML) и облачных технологий. Так, на 2020 год около 70% рынка облачных технологий занимают 4 компании-технологических гиганта: Amazon, Alibaba, Microsoft, Google [2]. Эти и другие крупные технологические компании имеют доминирующее положение на рынке облачных вычислений и как следствие в сфере AI. Таким образом, было установлено, что существует пул компаний, которые являются трендсеттерами в области AI и становятся потенциальными экспертами для Форсайт-проекта.

Далее был проведен сравнительный анализ компаний-трендсеттеров и были выявлены ключевые трендсеттеры, которыми оказались: Microsoft, Amazon, Nvidia, Google. Затем была рассмотрена необходимость привлечения трендсеттеров в Форсайт-исследование и были проанализированы способы их привлечения.

В 3 главе 13 Форсайт-методов [3] были проанализированы и оценены в ходе сравнительного анализа, в итоге был выявлен ряд наиболее применимых методов. Затем, была произведена оценка эффективности Форсайта как метода анализа и прогнозирования трендов в сфере технологических инноваций в сфере ML. В результате Форсайт оказался наиболее эффективным и перспективным методом прогнозирования технологических трендов. В итоге, были составлены методические рекомендации для практического применения и организации и проведения Форсайт-исследования в сфере ML. В рамках методических рекомендаций, были определены цели и результаты исследования, была определена комбинация Форсайт-методов, был разработан план проведения Форсайт-исследования, а также была произведена приблизительная оценка затрат на организацию и проведение обозначенного Форсайт-исследования.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В ходе работы был рассмотрен вопрос анализа и прогнозирования трендов в такой быстроменяющейся индустрии как IT, в частности в сфере ML. Было предложено применить методологию Форсайт для этой задачи. В ходе исследования были получены подтверждения эффективности применения методологии Форсайт и ее методов в сфере ML. Был составлен план Форсайт-исследования и разработаны методические рекомендации по его проведению.

В дальнейшей работе планируется продолжить исследование с применением предложенного решения на практике и проведения подобного Форсайт-исследования для выявления технологических трендов в сфере ML, в частности, например, на российском рынке.

Список использованных источников

1. MIT Technology Review. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.technologyreview.com/> (дата обращения: 18.10.2023).
2. Rikap C., Lundvall B. The Digital Innovation Race Conceptualizing the Emerging New World Order. — Palgrave Macmillan Cham, 2021. — 197 с.
3. Foresight Manual: Empowered Futures for the 2030 Agenda UNDP. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.undp.org/publications/foresight-manual-empoweredfutures> (дата обращения: 24.04.2024).

Выпускник

Юхневич Екатерина Дмитриевна

научно-образовательный центр фотоники и оптоинформатики

e-mail: katuahn@ya.ru

Научный руководитель

Кулакова Алёна Николаевна

к.х.н., научный сотрудник физического факультета

e-mail: alena.kulakova@metalab.ifmo.ru

УДК 03-203

**СИНТЕЗ МЕТАЛЛ-ОРГАНИЧЕСКИХ КАРКАСОВ ПЕРЕХОДНЫХ
МЕТАЛЛОВ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОЙ ГЕНЕРАЦИИ УСИЛЕННОГО
СПОНТАННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ**

Ключевые слова

Металлоорганические каркасы, лазерные материалы, кристаллы, нелинейная оптика, дизайн материалов.

Цели и задачи

Микролазеры на основе органических материалов стали актуальной темой исследования из-за множества полезных свойств органики, таких как высокий квантовый выход, низкая токсичность, возможность варьировать спектральные и оптические характеристики, хорошая биосовместимость [1]. Однако существующие органические материалы с подходящими свойствами лазерования обладают низкой стабильностью из-за эффекта гашения, вызванного агрегацией, и характеризуются коротким временем жизни, что существенно ограничивает их применение [2]. Неорганические вещества обладают большим временем жизни, однако достигаемая при их использовании интенсивность излучения намного ниже, чем при использовании органических материалов. Использование в качестве активной среды микролазера металл-органических каркасов – гибридных материалов из ионов металла и органических лигандов – способно совместить полезные свойства органических и неорганических материалов, так как органические лиганды в кристаллической структуре каркаса меньше подвержены разрушению под действием лазерной накачки, чем «чистые» органические вещества, однако также характеризуются высоким квантовым выходом [3]. Таким образом, целью работы был синтез металл-органических каркасов переходных металлов и исследование возможности их применения для эффективной генерации усиленного спонтанного излучения.

Основная часть (методология, результаты)

Для изучения спонтанного излучения и лазерной генерации были синтезированы МОК с ионами кадмия и цинка. Оптимизация параметров синтеза, а именно, мольное соотношение металла и лиганда, природа растворителей, природа и количество модулятора, проводилась на модельной реакции ионов кадмия и лиганда H_4TCPB . В ходе оптимизации синтеза были выявлены оптимальные параметры для получения кристаллов металл-органических каркасов: соотношение реагентов металл:лиганд 4:1; использование диметилформамида или диметилацетамида в качестве растворителей. Основываясь на выводах, полученных в первой части работы, были получены и охарактеризованы четыре соединения с кадмием и различными лигандами и один цинкосодержащий каркас. Для оценки полученных образцов, их морфологии и состава, использовались следующие физико-химические методы: сканирующая электронная микроскопия, энергодисперсионная рентгеновская спектроскопия, порошковая рентгеновская дифракция, рентгеноструктурный анализ. Для проверки оптических свойств описанных соединений были получены спектры комбинационного рассеяния, а также спектры люминесценции, полученные с использованием пикосекундного лазера с частотой импульсов 10 Гц. Наблюдение за металл-органическими каркасами под действием лазерного излучения показало, что большей стабильностью и устойчивостью характеризуются металл-органические каркасы с ионами кадмия и двумя органическими лигандами. На рисунке 1 представлены спектры люминесценции образца, в котором не наблюдалось нелинейных эффектов усиления излучения и вид спектров соответствует спонтанному излучению. Для одного из синтезированных металл-органических каркасов с кадмием полученные спектры люминесценции (рис. 2) отличаются от случая спонтанного излучения без усиления – виден ярко выраженный острый пик, появление которого может говорить об усилении излучения в кристалле. Для подтверждения этого предположения был получен график зависимости интенсивности пика люминесценции от мощности накачки (рис. 3). Заметно, что график можно аппроксимировать прямой, которая меняет наклон в определённой точке графика, что может свидетельствовать о нелинейном пороговом эффекте генерации излучения в кристалле.

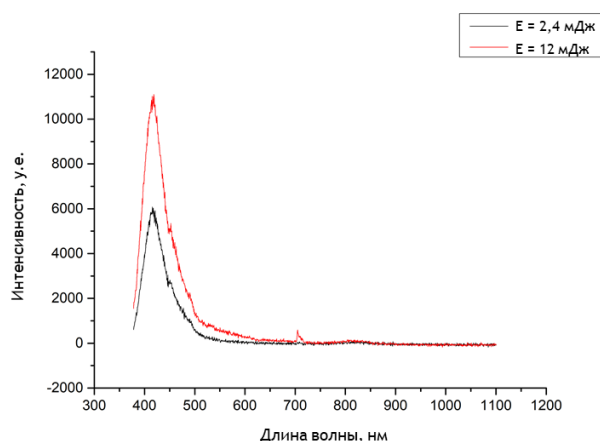


Рис. 1. Спектры люминесценции металл-органического каркаса $Cd_2O(TCPB)(bipy) \cdot H_2O \cdot DMF$ в зависимости от мощности накачки

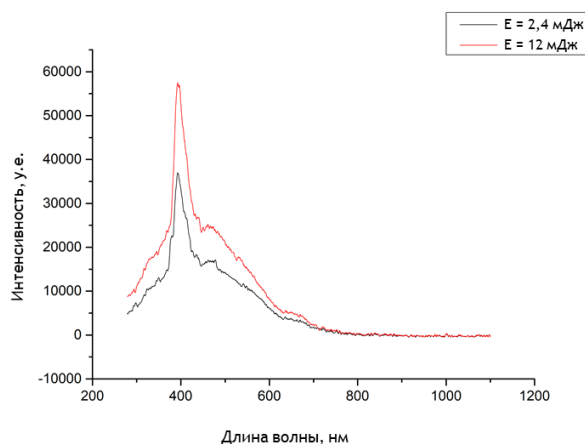


Рис. 2. Спектры люминесценции металл-органического каркаса $Cd(bdc)_x(ndc)_y$ в зависимости от мощности накачки

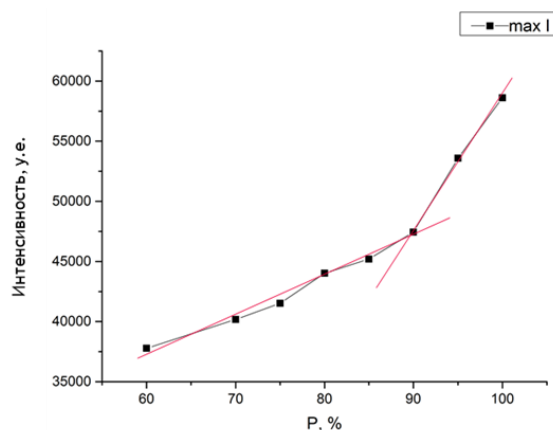


Рис. 3. Зависимость интенсивности пика люминесценции $Cd(bdc)_x(ndc)_y$ от мощности накачки

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В ходе работы была рассмотрена возможность эффективной генерации усиленного спонтанного излучения в металл-органических каркасах переходных металлов.

В одном из полученных металл-органических каркасах наблюдалось нелинейное усиление спонтанного излучения с повышением мощности накачки, а также появление дополнительного пика на спектре люминесценции, из чего можно сделать вывод, что в металл-органических каркасах без легирующих добавок возможна генерация лазерного излучения. Для получения металл-органических каркасов, в которых проявляется генерация лазерного излучения, необходимо продолжать синтез и исследования оптических свойств МОК, используя информацию об оптимальном выборе реагентов и параметрах синтеза, полученную в ходе представленной работы.

Список использованных источников

1. Samuel I.D., Turnbull G.A. Organic semiconductor lasers // *Chemical Reviews*. – 2007. – Vol. 107. – Pp. 1272–1295.
2. Kuehne A., Gather M. Organic Lasers: Recent Developments on Materials, Device Geometries, and Fabrication Techniques // *Chemical Reviews*. – 2016. – №. 116. – P.12823.
3. Huajun H., Hongjun L., Yuanjing C., Guodong Q. MOF-Based Organic Microlasers // *Advanced Optical Materials*. – 2019. – №. 9. – Pp. 1–10.

Выпускник

Янабирдина Элина Руслановна

факультет программной инженерии и компьютерной техники

e-mail: jelina10@mail.ru

Руководитель

Молодкина Анастасия Александровна

ассистент факультет программной инженерии и компьютерной техники

e-mail: aamolodkina@itmo.ru

УДК 004.9

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОБУЧАЮЩЕЙ ВЕБ-ИГРЫ О ЛИЧНОЙ ФИНАНСОВОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Ключевые слова

Проектирование игры, обучающая игра, геймификация обучения, компьютерное средство обучения, личная финансовая безопасность.

Цели и задачи

Цель — проектирование обучающей веб-игры о личной финансовой безопасности, которая позволит в игровой форме повысить информированность и уровень финансовой безопасности.

Задачи:

1. Анализ аналогов.
2. Определение задач обучения и отбор учебного материала.
3. Проектирование концепции игры.
4. Разработка визуального стиля.
5. Создание образовательного контента.

Основная часть (методология, результаты)

Личная финансовая безопасность — это комплекс мер, направленных на защиту от финансовых потерь и мошенничества, а также сохранение и приумножение личных финансов. Актуальность разработки образовательного продукта о личной финансовой безопасности обусловлена несколькими факторами:

- 1) Международная практика свидетельствует о том, что в современных условиях необходимы серьезные и целенаправленные преобразования в сфере повышения финансовой грамотности населения. Инициатором таких преобразований выступает государство через утверждение стратегии повышения финансовой грамотности населения и привлечение к ее реализации государственных органов исполнительной власти, органов местного самоуправления, финансовых организаций, общественных и

частных организаций и других заинтересованных сторон [1, с. 5].

- 2) В условиях экономической нестабильности и постоянного роста числа финансовых мошенничеств повышение финансовой грамотности и осведомленности населения становится особенно важным. За последний год в России на 9 пунктов процента выросла доля тех, кто сталкивался с попытками мошенничества (82% – 2022 год, 91% – 2023 год). Вместе с тем растет число угроз, 9 которые приходится на одного человека. В 2022 году один житель страны сталкивался в среднем с тремя разнообразными схемами мошенничества, а в 2023 уже с четырьмя [2].

В качестве средства обучения была выбрана компьютерная форма, так как она обладает множеством технологических преимуществ: автоматизация труда преподавателя, воспроизводимость технологии преподавания, возможность отладки и совершенствования, индивидуализация, прогнозирование качества, тиражируемость и возможность построения обучающих систем.

Среди компьютерных средств обучения выбрана компьютерная игра. Использование игровой формы обучения позволяет: повысить положительную мотивацию учения, использовать большой объем ранее недоступной информации, реализовать новые формы представления информации, расширить набор применяемых учебных задач, сосредоточить внимание на наиболее важных аспектах изучаемого материала, активно включать учащихся в учебный процесс, осуществлять индивидуализированное обучение с учетом особенностей личности учащегося и обеспечить условия для развития интеллектуальной активности, творческого мышления учащихся [3, с. 9].

В ходе анализа учебного материала игр-аналогов была выбрана часто встречающаяся тема – «Телефонное мошенничество». В учебные материалы также добавлена тема про дроппинг, которая не встречается в аналогах, но является современным видом финансового мошенничества. Дроп — это подставное лицо, участвующее в схеме мошенничества, использующий свои либо предоставленные ему «дроповодом» (мошенником, управляющим дроп-сервисами в локальном регионе) карты и счета для обналичивания или транзита похищенных денежных средств. Таким образом, дроп выступает посредником в цепочке манипуляций с украденными деньгами [4].

Источниками информации для разрабатываемых обучающих материалов стали:

1. Материалы сайта «Финансовая культура». Fincult.info – это просветительский ресурс, созданный Центральным банком Российской Федерации. Он предоставляет информацию и материалы о финансовой культуре.
2. Материалы сайта fmc.hse.ru. «Федеральный методический центр по финансовой грамотности системы общего и среднего профессионального образования» — структурное подразделение НИУ ВШЭ, созданное в рамках реализации совместного проекта Министерства финансов Российской Федерации и Всемирного банка «Содействие повышению уровня финансовой грамотности населения и развитию финансового образования в Российской Федерации».
3. Материалы, предоставленные начальником отдела финансового просвещения Управления по связям с общественностью ГУ Банка России по ЦФО Борисом Дмитриевичем Куликом.

По нарисованным эскизам, используя подобранную цветовую палитру в программе Figma был разработан фон-интерьер офисного помещения главного героя, представленный на рисунке 1.

Для создания параллакс-анимации размер начального экрана был увеличен кратно трём длинам стандартного фона (итоговая пропорция 5:1), а графические элементы разделены на 3 слоя (облака, город, растительность), представленные на рисунке 2.



Рис. 1. Фон-интерьер офисного помещения главного героя



Рис. 2. Разработанные слои для параллакс-анимации

В ходе анализа разработанных вариантов начального экрана были выявлены удачные композиционные решения: вынесение кнопки «Настройки» в верхний левый угол, соединение изображения главного героя и закругленного прямоугольника с названием игры, акцент на ярком зеленом цвете и большом размере кнопки «Играть». Применяв эти решения, был создан финальный вариант композиции элементов начального экрана, представленный на рисунке 3.



Рис. 3. Финальный вариант композиции начального экрана

После анализа вариантов компоновки экрана «Компьютер» были взяты удачные композиционные решения: квадратные иконки и промежутки между иконками. Также для однозначного распознавания каждого игрового компонента были сделаны снизу подписи шрифтом «M plus 1r». Для выхода из экрана «Компьютер» добавлена кнопка «Выключение». Разработанный вариант экрана «Компьютер» представлен ниже на рисунке 4.

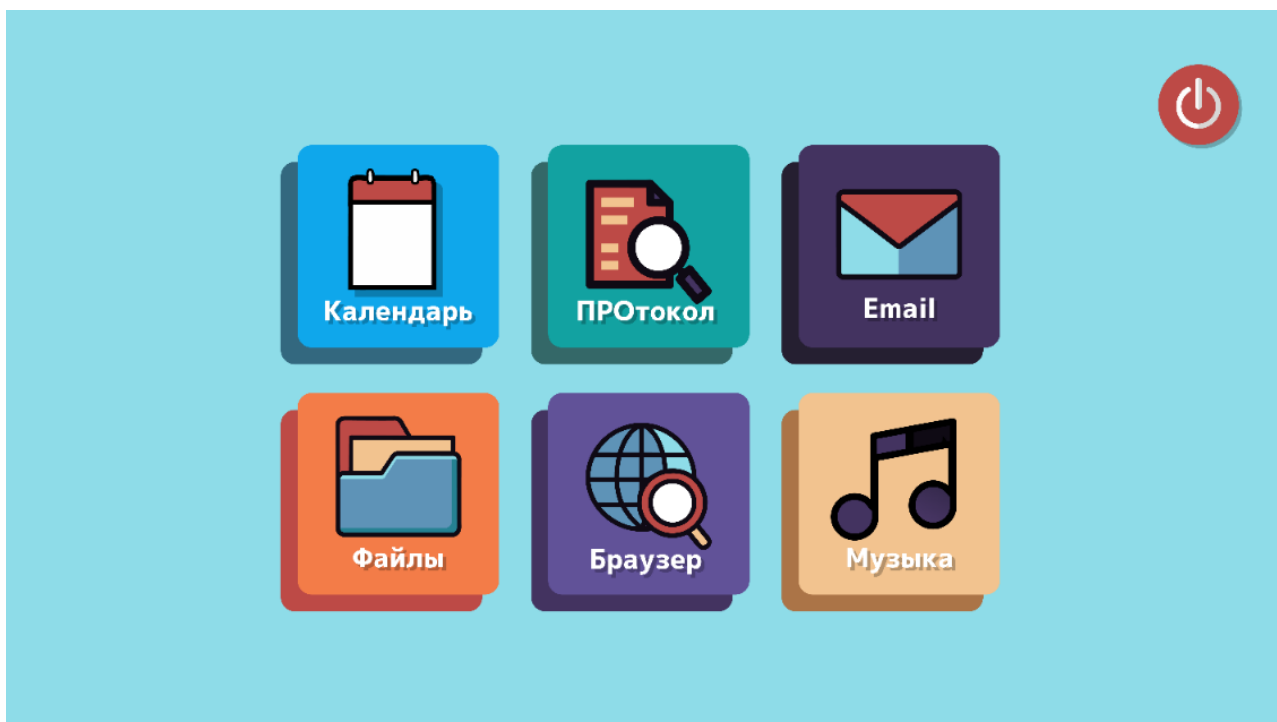


Рис. 4. Разработанная композиция экрана «Компьютер»

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

Цель проектирования обучающей веб-игры достигнута: спроектировано игровое приложение, способствующее повышению информированности и уровню финансовой безопасности.

В ходе выполнения подготовительной работы был проведен обзор, проанализированы варианты программного обеспечения и выбраны программы, соответствующие требованиям и обладающие необходимыми функциями для проектирования веб-игры. В процессе выполнения работы были решены следующие задачи: сформулированы требования к результату работы, определены задачи обучения, проведен анализ и отбор учебных и методических материалов о личной финансовой безопасности, спроектирована концепция игры, разработан визуальный стиль и создан обучающий контент.

Результатом работы стала спроектированная веб-игра, включающая все файлы-компоненты, необходимые для её разработки: документ со сценарием, изображения фонов, персонажей, элементов интерфейса и игровых компонентов. Веб-игра, размещенная разработчиком доступна по ссылке: <https://fingame.yakel.net>.

Список использованных источников

1. Распоряжение Правительства Российской Федерации. [Электронный ресурс]. – Режим доступа:
<http://static.government.ru/media/files/uQZdLRrkPLAdEVdaBsQrk505szCcL4PA.pdf> (дата обращения: 11.05.2024).
2. Аналитика: Мошенники стали чаще атаковать россиян. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://nafi.ru:8080/analytics/moshenniki-stali-chashcheatakovat-rossiyan/> (дата обращения: 11.05.2024).
3. Ельмикеев О.Р. Педагогические основы применения компьютерных игр в образовательном пространстве: автореф. дис. на соиск. учен. степ. к. п. н.: 13.00.01 / Ельмикеев Олег Рудольфович. – Йошкар-Ола, 2004. – 18 с.
4. Статья: Дроп. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.sberbank.ru/ru/person/kibrary/vocabulary/drop> (дата обращения: 11.05.2024).

МАГИСТРЫ
Победители конкурса
«Научный Эверест»
Университета ИТМО

Выпускник

Баловнев Даниил Юрьевич

институт перспективной передачи данных

e-mail: dibalovnev@itmo.ru

Научный руководитель

Полухин Иван Сергеевич

научный сотрудник лаборатории однофотонных детекторов и генераторов

e-mail: ispolukhin@itmo.ru

УДК 621.391.64

**РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ
ПО АТМОСФЕРНЫМ ОПТИЧЕСКИМ ЛИНИЯМ СВЯЗИ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОДНОМОДОВОГО ВОЛОКНА**

Ключевые слова

Беспроводная оптическая связь, атмосферная оптическая связь, высокоточное позиционирование, приёмо-передающий оптический модуль, передача информации.

Цели и задачи

Существующие системы беспроводной оптической связи в основном строятся на объемной оптике. Однако, вся современная телекоммуникационная инфраструктура построена на оптоволоконных компонентах, поэтому требуется разработать систему, которая будет иметь оптоволоконный вход и выход [1]. Тогда появится возможность интеграции в существующие магистральные оптоволоконные сети и в системы квантового распределения ключа (КРК). Основной трудностью в данных системах является эффективный ввод излучения в волокно из атмосферного канала и точное позиционирование модулей передачи данных. Для решения данной проблемы требуется исследовать передачу сигнала в атмосферных оптических линиях связи (АОЛС) и создать высокоточную эффективную систему наведения.

Основная часть (методология, результаты)

При использовании одномодового волокна в качестве приёмника критически важным становится точность позиционирования. Разработанная принципиальная схема модуля показана на рисунке 1. В разрабатываемой системе используется несколько ступеней наведения, которые делятся на грубое и точное наведения. Для первой ступени грубого наведения (СГН) используется канал, который содержит светодиод с длиной волны 850 нм Thorlabs M850LP1, и веб-камеру Logitech BRIO с угловым полем 90° и полосовым фильтром

Thorlabs FBH850-40 на 850 нм. Данное техническое решение позволяет двум модулям грубо навестись друг на друга. В качестве второй ступени наведения выступает служебный канал, содержащий разработанный датчик волнового фронта, который состоит из оптической системы, собранной с целью уменьшения пучка, массива микролинз и КМОП-матрицы SONY IMX415. Данная система позволяет детектировать и компенсировать ошибку угла наведения с точностью до 1 угловой минуты. С её помощью возможно оценить искажение волнового фронта и, следовательно, вычислить влияние атмосферной турбулентности на канал связи. Точное наведение (СГН) обеспечивает прецизионный трёхосевой позиционер одномодового волокна. Данный позиционер был создан в результате интеграции моторизованных линейных актюаторов Standa 8CMA20 в микроблок Thorlabs MBT602 с помощью специально разработанных адаптеров. Часть излучения отводится через волоконный светоделитель 50/50 в фотодетектор Shengshi Optical SH-R00A03F, который, в свою очередь, передаёт данные о полученной мощности на контроллер для управления системой точного наведения. Наличие положительной обратной связи вносит значительный вклад в сокращении времени позиционирования. Данная схема является универсальной, вследствие этого она может быть подключена к любым системам передачи данных, использующих оптоволоконные компоненты для передачи данных. Например, при помощи неё возможно осуществить КРК [2], или же подключить классические оптические трансиверы для передачи данных.

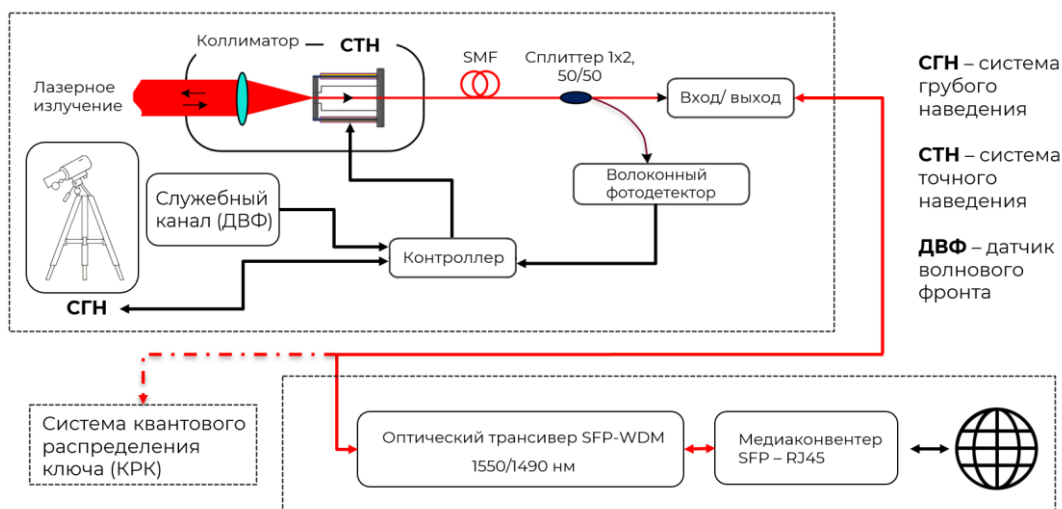


Рис. 1. Принципиальная схема модуля передачи данных по АОЛС

Моделирование производилось в ПО для оптического моделирования Zemax OpticStudio. Рассчитывались потери в атмосферном канале, а также оценивались ключевая метрика при передаче излучения: эффективность ввода излучения в одномодовое волокно (ЭВ) – часть энергии, которая прошла через канал и была успешно заведена в одномодовое волокно. На рисунке 2 представлены результаты моделирования информационного канала.

Система была собрана согласно принципиальной схеме, для наведения был написан код на языке программирования Python. Внешний вид модулей представлен на рисунке 3.

Оценка потерь производилась при помощи волоконного фотодетектора. Для определения скорости передачи данных к системе подключались два одномодовых оптоволоконных трансивера форм-фактора SFP. Модули были разнесены на расстояние в пять метров. Разработанная система наведения смогла обеспечить точность наведения до 490 мкрад при грубом наведении и 1,25 мкм при точном наведении. Результаты экспериментов были сопоставлены с моделированием и показали высокую эффективность разработанной системы, подтверждая её способность обеспечивать передачу данных по АОЛС с использованием одномодовых оптоволоконных приёмопередатчиков на короткой дистанции со скоростью 1 Гбит/сек. Потери при длине канала 5 м составили 8.9 дБ. Также при помощи

данной системы была осуществлена передача КРК, коэффициент квантовых ошибок составил 6% при скорости генерации секретного ключа 3500 бит/сек.

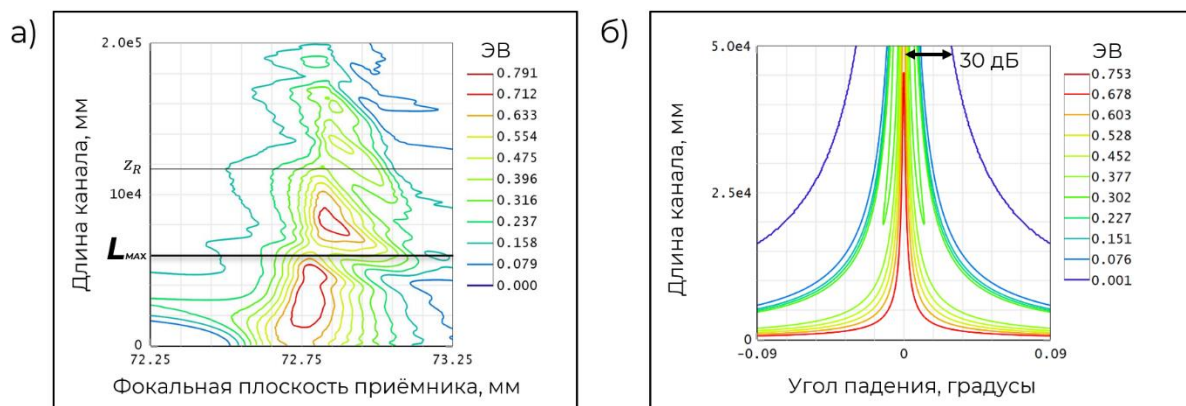


Рис. 2. Зависимости ЭВ от а) длины канала и б) ошибки угла наведения

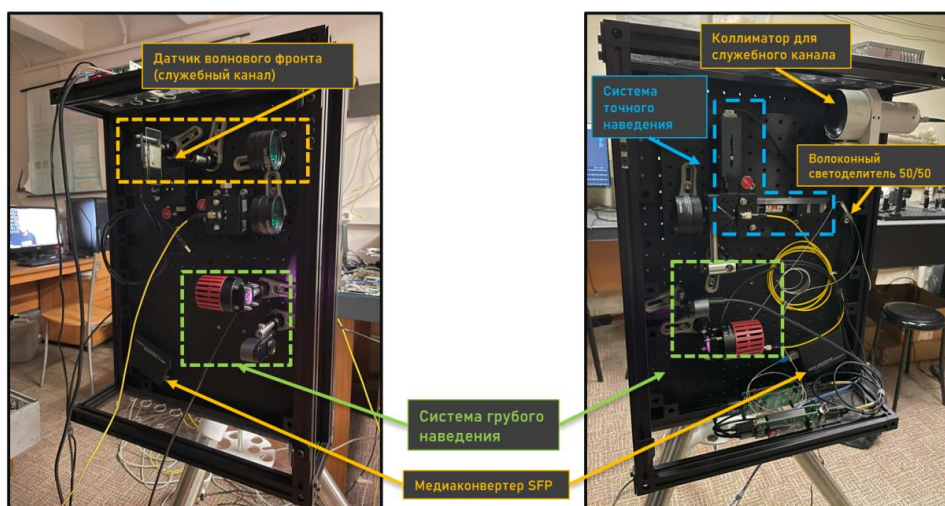


Рис. 3. Собранные модули передачи данных по АОЛС

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В ходе работы был разработан и изготовлен прототип системы для передачи данных по АОЛС. Эксперименты подтвердили высокую эффективность и надёжность разработанной системы, её способность к точному наведению и стабильной передаче данных, включая передачу КРК [2].

В дальнейшей работе планируется экспериментальное тестирование системы на больших расстояниях, оптимизации системы наведения и поиск инновационных технологий для улучшения эффективности ввода излучения в одномодовое волокно.

Список использованных источников

1. Cox M.A., Dindar M., Iga F.K. Low-cost Free-Space Optical Communications with Commodity Hardware // *Frontiers in Optics + Laser Science*. – 2023. – P. JT4A.72.
2. Solomatin O.A., Balovnev D.Yu. Estimation of the Parameters of Free Space Quantum Key Distribution System Depending on the Insertion Losses // *Reviews on Advanced Materials and Technologies*. – 2023. – Pp. 6–10.

Выпускник

Власова Мария Андреевна

факультет систем управления и робототехники

e-mail: mary_vlasova446@mail.ru

Научный руководитель

Литвиненко Юлия Александровна

к.т.н., доцент факультета систем управления и робототехники; АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор»

e-mail: ya_litvinenko@mail.ru

Научный консультант

Шевченко Александр Николаевич

АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор»

e-mail: standw.shev@gmail.com

УДК 537.622.4

**РАЗРАБОТКА СПОСОБА КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ГАЗОВОЙ
ЯЧЕЙКИ КВАНТОВОГО ДАТЧИКА ВРАЩЕНИЯ**

Ключевые слова

Квантовые датчики, газовая ячейка, контроль параметров, магнитный резонанс, установка для контроля параметров.

Цели и задачи

Газовая ячейка является ключевым компонентом квантовых датчиков (магнитометров, датчиков вращения), работающих на эффекте магнитного резонанса [1]. Она представляет собой стеклянный или сапфировый резервуар, заполненный рабочим веществом, магнитный резонанс компонентов которого (щелочной металл) детектируется оптическими методами. Перед установкой ячеек в квантовые приборы их необходимо проверять на соответствие техническим требованиям. Определить такие параметры ячейки, как время жизни атомов щелочного металла, а также предельную чувствительность магнитометрической схемы всего квантового датчика можно по ширине линии магнитного резонанса.

Целью работы является разработка способа контроля параметров газовой ячейки квантового датчика вращения, предусматривающего настройку установки для получения линии магнитного резонанса, которая заключается в снижении влияния внешних факторов, а также параметров самой установки на ширину и точность определения линии магнитного резонанса в ячейке.

В соответствии с целью работы были поставлены следующие задачи:

- произвести доработку установки многослойным магнитным в целях уменьшения ширины линии магнитного резонанса внешними факторами, в которых находится установка (а именно, величиной индукции магнитного поля и его градиентом);
- произвести теоретический расчёт амплитуды радиополя катушек установки для контроля параметров газовых ячеек по критерию максимума крутизны линии магнитного резонанса в целях обеспечения наилучшей чувствительности магнитометрической схемы всего датчика;
- предложить метод компенсации фазовой задержки в постобработке по двум сигналам синхронных детекторов;
- описать алгоритм определения ширины линии магнитного резонанса с учётом полученных результатов.

Доработка установки для контроля параметров газовых ячеек

Для достижения цели работы была произведена доработка исходной установки для контроля параметров газовых ячеек путём её заключения в многослойный магнитный экран и установки дополнительного синхронного детектора, опорный сигнал которого повернут на 90° (рис. 1).

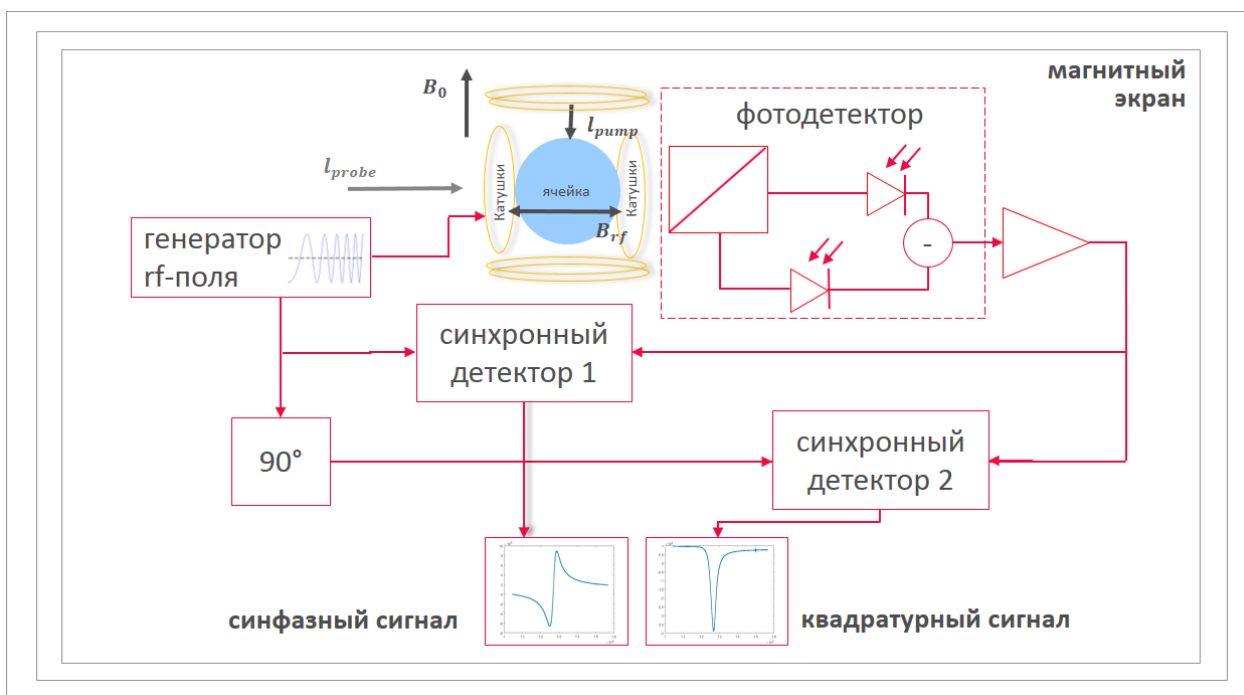


Рис. 1. Схема установки для контроля параметров газовых ячеек с многослойным магнитным экраном и двумя синхронными детекторами

Магнитный экран установки представляет собой цилиндр с открытыми торцами, состоящий из трех слоев пермаллоя 79НМ и четырех слоев аморфного кобальта МАР-1К, разделенных диэлектрическими прослойками. Пермаллой эффективно экранирует установку от постоянных магнитных полей, аморфный материал – от переменных. Особенностью конструкции экрана является то, что каждый внутренний пермаллоевый слой является короче предыдущего внешнего по отношению к нему на 22 см (по 11 см с каждого края). Такое техническое решение [2] позволяет уменьшить объём зоны неоднородности магнитного поля в экране, обусловленной влиянием краевых эффектов.

Входной сигнал синхронных детекторов 1 и 2 пропорционален углу поворота поляризации излучения детектирования, модулированный с частотой приложенного в области ячейки радиополя и фазой, зависящей от расстройки частоты радиополя относительно

резонансной частоты Ларморовской прецессии. Опорным сигналом синхронного детектора 1 является сигнал генератора частоты радиополя, а опорным сигналом синхронного детектора 2 – этот же сигнал, повернутый по фазе на 90 градусов. На выходе синхронных детекторов 1 и 2 образуются квадратурный и синфазный сигналы, соответственно. Одновременное использование этих двух сигналов позволяет производить компенсацию фазовой задержки, возникающей на входе синхронного детектора, алгоритмически в постобработке и получать чистый дисперсионный контур и контур поглощения.

Оптимизация амплитуды радиополя

Ширина резонанса вычисляется по сигналу, имеющему форму дисперсионного контура. При этом во вращающейся системе координат он равен поперечной компоненте намагниченности M_x [3], стационарное решение уравнений Блоха, для которой выглядит следующим образом:

$$M_x = M_0 \frac{\Delta\omega \cdot \gamma \cdot B_1 \cdot T_2^2}{1 + (\Delta\omega \cdot T_2)^2 + \gamma \cdot B_1^2 \cdot T_1 \cdot T_2} = M_0 \frac{\Delta\omega \cdot \gamma \cdot B_1}{\Delta\omega^2 + W^2}, \quad (1)$$

где M_0 – продольная намагниченность, вызываемая циркулярной компонентой света накачки вдоль магнитного поля, $\Delta\omega = \omega_{rf} - \omega_0$ – расстройка частоты ω_{rf} относительно резонансной ω_0 , γ – гиромагнитное отношение, B_1 – амплитуда радиополя, T_1 и T_2 – эффективные времена продольной и поперечной релаксации, которые для газообразных сред принято считать равными [4], W – наблюдаемая ширина резонанса, определяемая как:

$$W = \sqrt{\Gamma^2 + (\gamma \cdot B_1)^2}, \quad (2)$$

$\Gamma = \frac{1}{T_1} = \frac{1}{T_2}$ – характерные скорости релаксации щелочного металла.

Из (1) видно, что увеличение амплитуды радиочастотного поля приводит к росту амплитуды сигнала резонанса, а значит, способствует повышению чувствительности датчика [4]. Однако, из (2) следует, что увеличение амплитуды радиочастотного поля приводит к уширению линии магнитного резонанса – чем выше амплитуда радиополя, тем шире становится линия магнитного резонанса. В работе произведена оптимизация амплитуды радиополя по крутизне резонанса [4], которая теоретически рассчитывается как первая производная сигнала по расстройке частоты в точке, где эта расстройка равна нулю (т.е. когда частота радиочастотного поля совпадает с резонансной частотой Ларморовской прецессии):

$$K = \left. \frac{dM_x(\Delta\omega)}{d\Delta\omega} \right|_{\Delta\omega=0} = M_0 \frac{\gamma \cdot B_1}{\Gamma^2 + (\gamma \cdot B_1)^2} = M_0 \frac{\gamma \cdot B_1}{W^2}. \quad (3)$$

На рисунке 2 представлены результаты численного моделирования зависимости крутизны резонанса (нормированной на её же максимум) от амплитуды радиополя $\gamma \cdot B_1$, для двух типов ячеек, отличающихся друг от друга механизмами снижения скорости релаксации щелочного металла: с антирелаксационным покрытием (серый график), имеющими характерную скорость релаксации $\Gamma = 1$ Гц и с буферным газом (розовый график), имеющими характерную скорость релаксации $\Gamma = 1000$ Гц.

Теоретическое моделирование показало, что допустимые значения $\gamma \cdot B_1$ (когда крутизна составляет не менее 80% от максимально достижимой) находятся в пределах от 0,5 до 2 Гц для ячеек с антирелаксационным покрытием и от 500 до 2000 Гц для ячеек с буферным газом. При этом максимум крутизны для каждого типа ячейки достигается в точке, где значение $\gamma \cdot B_1$ равно характерной для неё скорости релаксации Γ .

Эксперимент по получению линий магнитного резонанса (и вычислению его крутизны) в ячейке с буферным газом показал, что оптимум (максимум крутизны резонанса) достигается при значении $\gamma \cdot B_1 \approx 1000$ Гц. При этом $\gamma \cdot B_1$, при которых снижение крутизны резонанса происходит не более, чем на 20% для фиксированного значения скорости релаксации ячейки составляет от 500 до 1800 Гц, что хорошо согласуется с теоретическим расчётом.

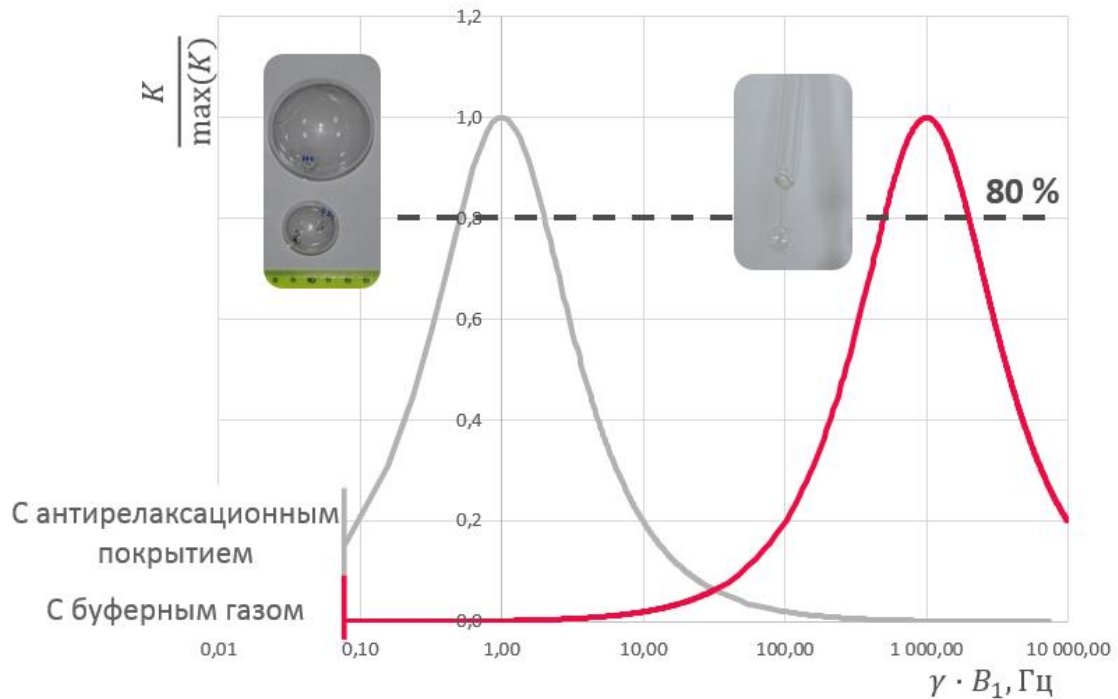


Рис. 2. Моделирование крутизны резонанса для ячеек с парафиновым покрытием и ячеек с буферным газом

Компенсация фазового сдвига

Для компенсации фазового сдвига на входе синхронных детекторов и получения чистых контура поглощения S_1 и дисперсионного контура S_2 производится поворот исходных сигналов с синхронных детекторов $S_{кв.}$ и $S_{син.}$ на фазу $\varphi_{opt} = -\Delta\varphi$ в постобработке [5]:

$$S_1 = \cos(\varphi_{opt}) \cdot S_{кв.} - \sin(\varphi_{opt}) \cdot S_{син.} \equiv M_y, \quad (4)$$

$$S_2 = \cos(\varphi_{opt}) \cdot S_{син.} + \sin(\varphi_{opt}) \cdot S_{кв.} \equiv M_x, \quad (5)$$

Подбор оптимальной фазы осуществляется по критерию максимума амплитуды синфазного сигнала путём последовательного перебора фаз в выражении (5) и выбора той фазы, при которой амплитуда дисперсионного контура S_2 максимальна. Компенсация фазы в постобработке является реализацией работы виртуального фазовращателя.

Способ определения ширины линии магнитного резонанса

С учётом проведённой в работе оптимизации амплитуды радиополя по критерию максимума крутизны линии магнитного резонанса для разных типов ячеек, а также предложенного алгоритма компенсации фазовой задержки по двум сигналам синхронных детекторов, способ определения ширины линии магнитного резонанса в установке для контроля параметров газовых ячеек можно представить следующим образом:

1. Выбор амплитуды радиополя катушек установки в соответствии с типом исследуемой ячейки.
2. Одновременная запись синфазного и квадратурного сигналов.
3. Подбор компенсирующей фазы на виртуальном фазовращателе.
4. Определение ширины линии магнитного резонанса.

Этот способ отличается от существующего быстротой настройки установки, ввиду отсутствия необходимости подбора амплитуды радиополя на катушках, а также фазы на фазовращателе в каждом новом запуске установки.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

Предлагаемые в работе решения апробированы при получении линии магнитного резонанса в установке для контроля параметров газовых ячеек. Применение многослойного магнитного экрана позволило устранить уширение линии магнитного резонанса градиентом и неоднородностью внешнего магнитного поля. Теоретический расчёт амплитуды был использован при настройке катушек радиополя для исследования экспериментальной ячейки с буферным газом, и обеспечил наилучшую чувствительность магнитометрической схемы при получении резонанса. Алгоритм компенсации фазовой задержки применён к двум ортогональным сигналам синхронных детекторов – на выходе получены чистый дисперсионный контур и чистый контур поглощения, по форме которых в дальнейшем будут определяться параметры газовых ячеек.

Список использованных источников

1. Пешехонов В.Г. Перспективы гироскопии // XIII Всероссийское совещание по проблемам управления ВСПУ-2019. – 2019. – С. 36–38.
2. Патент на полезную модель №221707 Российская Федерация, МПК G12B 17/02 Многослойный цилиндрический магнитный экран для проведения магнитоэнцефалографии, заявл. 30.08.2023: опубл. 21.11.2023 / Власова М.А., Завитаев А.С., Климова Е.Н., Шевченко А.Н., заявитель АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор».
3. Бородин П.М., Володичев М.И. и др. Ядерный магнитный резонанс: учебное пособие. Издательство Ленинградского университета. – 1982. – С. 45.
4. Вершовский А.К., Пазгалев А.С. Оптимизация фактора качества магнитного М // Журнал технической физики. – 2008. – Т. 78. – №. 5. – С. 116–124.
5. Вершовский А.К., Дмитриев С.П., Пазгалев А.С. Квантовый магнитометр с оптической накачкой, комбинирующий достоинства M_x -и M_z -устройств // Журнал технической физики. – 2013. – Т. 83. – №. 10. – С. 90–97.

Выпускник

Гончаров Федор Михайлович

научно-образовательный центр фотоники и оптоинформатики

e-mail: fedor_goncharov@itmo.ru

Научный руководитель

Киселев Федор Дмитриевич

к.ф.-м.н., инженер 1 кат. национального центра квантового интернета

e-mail: fdkiselev@itmo.ru

УДК 535.145

**КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ 90-ГРАДУСНОГО
ОПТИЧЕСКОГО ГИБРИДА ДЛЯ ФОТОННЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ
КВАНТОВЫХ КОММУНИКАЦИЙ**

Ключевые слова

90-градусный оптический гибрид, фотонные интегральные схемы, квантовое распределение ключа, непрерывные переменные, нитрид кремния, квантовые коммуникации.

Цели и задачи

Интеграция системы квантового распределения ключа на непрерывных переменных (КРК НП) ведет к широкому внедрению этой технологии в различные области жизни. 90-градусный оптический гибрид играет ключевую роль в гетеродинном детектировании, применяемом в КРК НП. Целью работ является анализ производительности КРК НП, основанный на моделировании фотонной интегральной схемы (ФИС) 90-градусного оптического гибрида. Для достижения цели необходимо выполнить следующие задачи: провести литературный обзор соответствующей области, определить требования к гибриду со стороны системы КРК НП, смоделировать ФИС 90-градусного гибрида и оценить его влияние на КРК НП.

Основная часть (методология, результаты)

Квантовое распределение ключа (КРК) позволяет безопасно сгенерировать ключ двум легитимным пользователям вне зависимости от действий злоумышленника [1]. Для широкого внедрения данной технологии естественным развитием систем КРК является их реализация в виде фотонных интегральных схем, поскольку они позволяют организовать масштабируемое и дешевое производства миниатюрных и стабильных устройств. Протоколы, основанные на непрерывных переменных (НП) [1], наиболее перспективны для интеграции на чип ввиду

когерентных методов детектирования квантовых состояний, позволяющих измерять квадратурные составляющие поля, в которых кодируется информация. Гетеродинный метод детектирования, в отличие от гомодинного, позволяет измерять одновременно две квадратуры. В такой конфигурации важным элементом становится 90-градусный оптический гибрид.

90-градусный оптический гибрид – это устройство, имеющее два входа под сигнал и так называемый локальный осциллятор (ЛО) и четыре выхода, подключаемые к двум балансным детекторам. При реализации гибрида на ФИС чаще всего используют светоделители, основанные на эффекте многомодовой интерференции (ММИ). Основными характеристиками 90-градусного оптического гибрида являются его потери, фазовая ошибка и коэффициент ослабления синфазного сигнала (CMRR – от англ. Common Mode Rejection Ratio). Кроме того, для применения гибрида в КРК НП необходимо также учитывать и технологическую платформу на предмет ее совместимости с другими элементами системы, а также их совместной высокой производительности.

Оптимальным выбором технологической платформы стал нитрид кремния ввиду ультранизких потерь в широком оптическом диапазоне. В работе [2] была продемонстрирована система КРК НП именно на нитриде кремния, основным преимуществом которой стал резонатор лазера, позволяющий получить высокую мощность с низкими шумами. В то же время гибрид на нитриде кремния [3] также демонстрирует высокие показатели CMRR и низкие потери. Фазовая ошибка тоже имеет низкие значения, однако для КРК НП она не так важна, так как может быть компенсирована на постобработке [4].

За основу для моделирования взят гибрид из [3], схема которого представлена на рисунке 1. Была проведена оптимизация длины ММИ волновода с помощью функции, учитывающей потери и разбалансировку гибрида, благодаря чему были получены более высокие показатели CMRR и меньшие потери (рис. 2). Например, для квадратурного канала CMRR увеличился с 40 до 50 дБ на центральной длине волны, а потери демонстрируют около 0,3 дБ для всего С-диапазона длин волн.

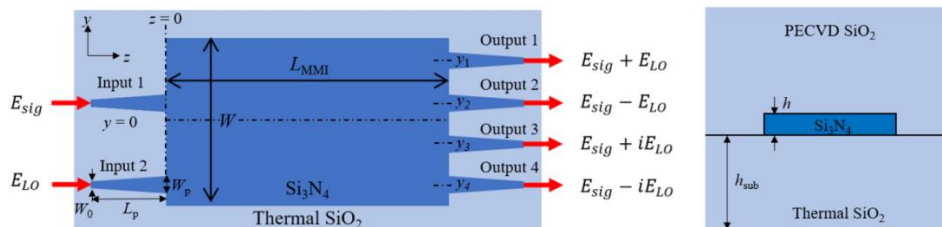


Рис. 1. Схема 90-градусного оптического гибрида

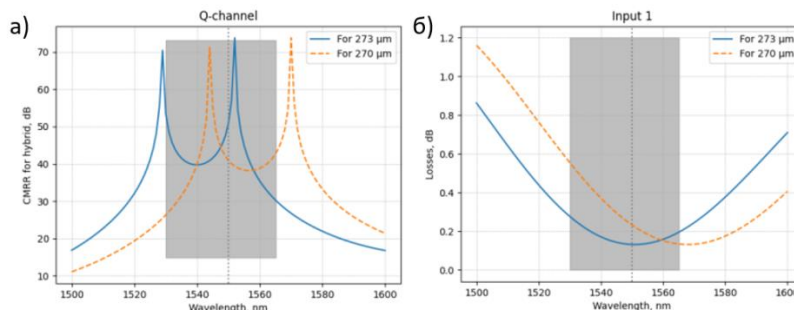


Рис. 2. а) CMRR, б) потери гибрида до и после оптимизации длины ММИ области

Помимо высоких результатов при идеальных параметрах необходимо учитывать допуски по точности производства. Для этого было проведено моделирование для различной ширины ММИ области как основополагающей характеристики. По результатам моделирования (рис. 3) можно сделать вывод, что для отклонений в 0,1 мкм CMRR остается

выше 30 дБ для рабочей длины волны и приемлемым (более 20 дБ), для отклонения в 0,2 мкм остается выше 20 дБ для 1550 нм и части С-диапазона. Потери же остаются в пределах 1 дБ. То есть при данных отклонения гибрида остается применимым, а данная точность может быть удовлетворена производственными возможностями.

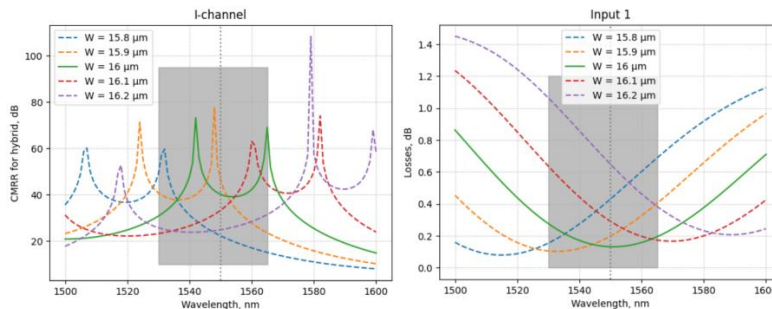


Рис. 3. а) CMRR, б) потери гибрида для различных отклонений ширины MMI области

Для учета влияния 90-градусного оптического гибрида на аналитическую модель стойкости необходимо учитывать его потери и шум, вносимый CMRR. Поскольку CMRR характеризует не только оптический гибрида, но и балансный детектор, в настоящей работе было получено выражение для гибрида и балансного детектора совместно:

$$CMRR_{full} = -20 \log_{10} \left| \frac{P_i g - P_j (g + g_s)}{P_i g + P_j (g + g_s)} \right|,$$

где P_i и P_j – мощности на выходах i и j , g и g_s – коэффициенты усиления квадратурного и синфазного сигнала, соответственно.

Избыточный шум, вносимый CMRR, рассчитывается как [1]:

$$\xi_{CMRR} = \frac{\mu}{4CMRR^2} \left(\frac{hfV_{mod}^2}{4\tau P_{LO}} RIN_{sig} B + \frac{\tau}{hf} P_{LO} RIN_{LO} B \right),$$

где $\mu=2$ для гетеродина, f – частота излучения V_{mod} – квадратурная дисперсия, τ – длительность импульса, P_{LO} – мощность ЛО, RIN_{sig} и RIN_{LO} – шум лазера для сигнала и ЛО, B – полоса лазера.

При расчете скорости генерации ключа учитывался шум, вносимый CMRR, и шум детектора. На графиках, представленных на рисунке 4, показаны зависимости скорости генерации ключа от значения CMRR для различных расстояний и мощностей ЛО. Из графиков видно, что при CMRR менее 20 дБ ключ не генерируется, а оптимальным значением является CMRR порядка 50 дБ. Данные значения определяются конкретными параметрами системы КРК НП.

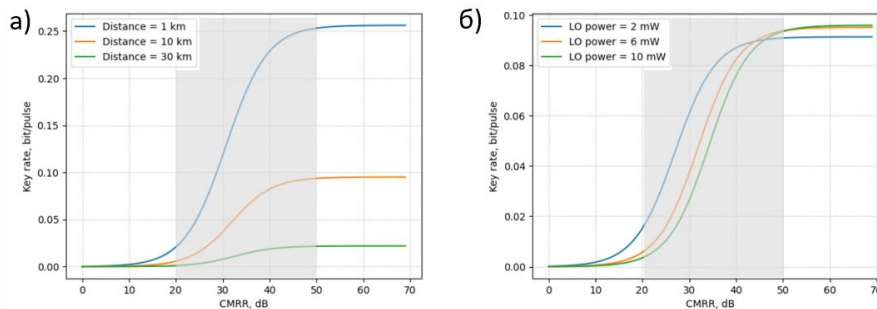


Рис. 4. Зависимость скорости генерации ключа от CMRR для а) различных расстояний, б) мощностей ЛО

Также было проведено сравнение полной модели CMRR со значениями, рассчитанными только для гибрида и только для балансного детектора. Результаты представлены на

рисунке 5а. Использование полной модели ведет к более точной оценке производительности КРК НП, что, в свою очередь, повышает безопасность системы. На рисунке 5, б представлено сравнение скорости генерации ключа от расстояния для различных отклонений в производстве гибрида. Как можно видеть, отклонение в 0,1 мкм слабо влияет на производительность, тогда как отклонение в 0,2 мкм снижает скорость выработки на 1 порядок. Тем не менее, система остается в рабочем состоянии.

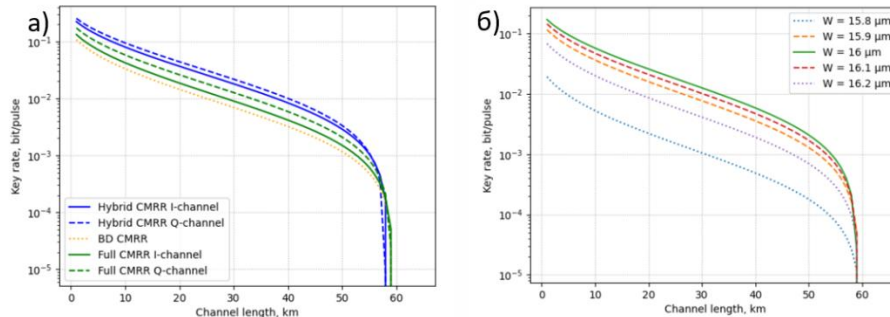


Рис. 5. Зависимость скорости генерации ключа от расстояний для а) различных моделей расчета CMRR, б) различных отклонений ширины гибрида

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В ходе работы было проведено исследование влияние 90-градусного оптического гибрида на систему КРК НП, выбрана оптимальная платформа, проведено моделирование гибрида и оптимизация его длины, а также проведен анализ устойчивости к производственным ошибкам, а именно была показана устойчивость к отклонениям ширины в 0,1 мкм и приемлемость отклонений в 0,2 мкм хоть и со снижением характеристик. Кроме того, получено выражение для совместного описания CMRR гибрида и балансного детектора, позволяющего более точно учесть влияние этих двух элементов в аналитической модели стойкости КРК НП. Также получены минимальное и оптимальное значения CMRR для генерации ключей в зависимости от мощности ЛО.

В дальнейшей работе планируется дальнейшая оптимизация оптического гибрида с применением геометрий более сложной формы, а также расширение области исследования для интеграции всех элементов КРК НП на ФИС.

Список использованных источников

1. Laudenbach F. et al. Continuous-variable quantum key distribution with Gaussian modulation—the theory of practical implementations // *Advanced Quantum Technologies*. – 2018. – Т. 1. – №. 1. – P. 1800011.
3. Li L. et al. Continuous-variable quantum key distribution with on-chip light sources // *Photonics Research*. – 2023. – Vol. 11. – №. 4. – Pp. 504–516.
4. Yu J. et al. High-performance 90 hybrids based on MMI couplers in Si₃N₄ technology // *Optics Communications*. – 2020. – Т. 465. – P. 125620.
5. Goncharov F.M. et al. Increase of signal to reference ratio for phase compensation in continuous-variable quantum key distribution systems // *Nanosystems: Physics, Chemistry, Mathematics*. – 2023. – Vol. 14. – №. 1. – Pp. 59–68

Выпускник

Дав Яков Николаевич
школа разработки видеоигр
e-mail: davyakov@gmail.com

Научный руководитель

Загарских Александр Сергеевич
к.т.н., доцент школы разработки видеоигр
e-mail: alazar.az@gmail.com

УДК 004.92

**ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ГРАФИЧЕСКОГО
ОТОБРАЖЕНИЯ БЛИКОВ НА ПОВЕРХНОСТИ ВОДЫ В РЕЖИМЕ
РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ**

Ключевые слова

Блестящие поверхности, поверхность воды, фильтрация текстур, физически достоверная отрисовка, отражения.

Цели и задачи

Отрисовка поверхности водоемов в солнечную погоду представляет собой сложную задачу в компьютерной графике и в то же время такие поверхности часто встречаются в компьютерных играх. Целью данной работы было рассмотреть подход к отрисовке воды как блестящей поверхности и предложить улучшенную модификацию алгоритма отрисовки блестящих материалов. В задачи работы также входил анализ возможности применения предложенной модификации в реальных компьютерных играх.

Основная часть (методология, результаты)

Среди большого количества предложенных в последнее время алгоритмов отрисовки блестящих материалов было решено остановиться на алгоритме, предложенном в работе Шермейна и других [1]. Этот метод выгодно отличается от других тем, что он одновременно физически достоверный (т.е. выполняет закон сохранения энергии при расчете освещения) и достаточно эффективный как по вычислительному времени, так и по памяти чтобы использоваться в графике реального времени. Одним из главных его недостатков является использование метода LEAN Mapping [2] для фильтрации карт нормалей, а не более совершенного метода LEADR Mapping [3], что связано с тем, что двулучевая функция отражательной способности, предложенная авторами, не имеет аналитически полученной функции затенения и экранирования Смита [4]. В работе была предложена модификация

функции затенения и экранирования V-бороздок, впервые предложенная в работе Кука и Торренса [5]. Эта модификация расширяет область применения функции на случай нецентрированных распределений нормалей, что необходимо для использования ее вместе с LEADR Mapping. Нецентрированные распределения нормалей в LEADR Mapping получаются вследствие учета эффекта изменения весов проекции нормалей при наблюдении геометрии, индуцированной картой нормалей, под разными углами.

Учет нецентрированных распределений производился путем рассмотрения профиля микроповерхности в пределах одного пикселя на экране и повороте профиля микроповерхности при расчете затенения на средний наклон микроповерхности в направлении падающего света. В результате были получены новые функции экранирования (1) и затенения (2)

$$G_1(\omega_o, \omega_m) = \min \left(1, 2 \frac{(\omega_o \cdot \omega_m) ((\mathbf{M}(\theta) \omega_m) \cdot \omega_g)}{\langle \omega_o, \mathbf{M}(\theta) \omega_m \rangle} \right), \quad (1)$$

$$G'_1(\omega_i, \omega_m) = H(\omega_i \cdot \omega_n) \cdot \min \left(1, 2 \frac{(\omega_i \cdot \omega_g) ((\mathbf{M}(\theta) \omega_m) \cdot \omega_g)}{\langle \omega_i, \mathbf{M}(\theta) \omega_m \rangle} \right), \quad (2)$$

где ω_o – направление наблюдения, ω_i – направление света, ω_g – геометрическая нормаль, ω_n – мезонормаль, ω_m – микронормаль, $\mathbf{M}(\theta)$ – матрица поворота на угол θ – средний наклон микроповерхности, $\langle \dots \rangle$ – оператор ограниченного снизу нулем скалярного произведения.

Функция (1) совпадает с функцией из работы [5] с точностью до поворота вектора микронормали, а функция (2) имеет также дополнительный множитель (функцию Хевисайда), учитывающий случай, когда направление света попадает в заднюю сторону профиля микроповерхности и происходит полное затенение.

Модифицированный алгоритм был реализован на фреймворке, использованном в работе [1], а также интегрирован в игровой движок Unreal Engine 5, который в своей новой модели материалов Substrate также содержит модифицированную версию алгоритма из работы [1]. Это позволило сравнить качество отрисовки и производительность нового алгоритма с существующими реализациями. На рисунке 1 представлено сравнение результатов работы нового алгоритма в фреймворке из работы [1] с алгоритмом из этой работы.

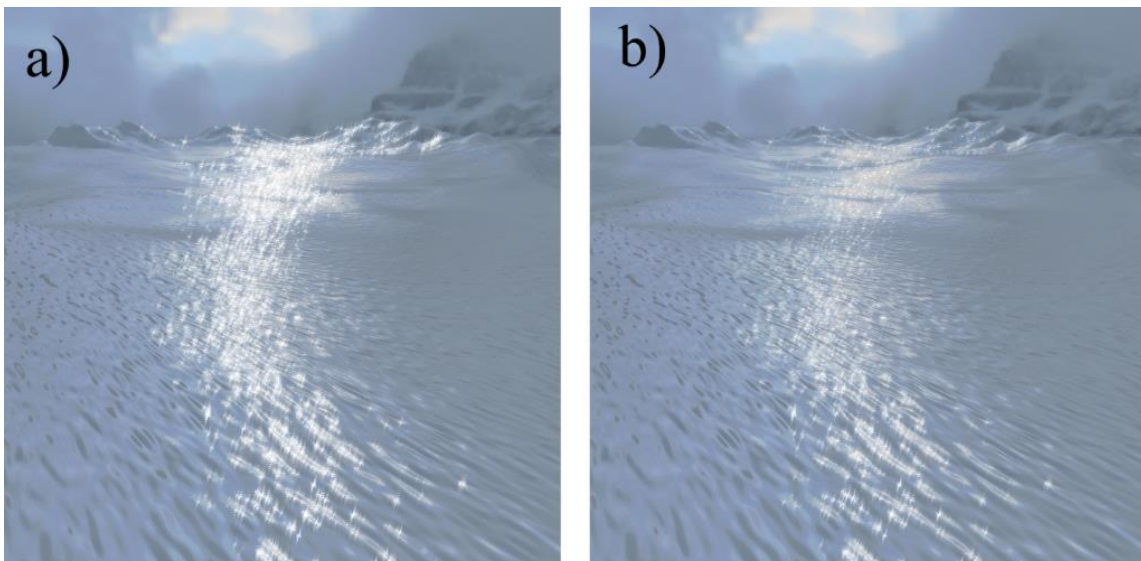


Рис. 1. Результат отрисовки арктической сцены: а) изначального алгоритма; б) модифицированного алгоритма

Как можно заметить, интенсивность большого количества отблесков оказывается снижена в результате учета эффекта изменения весов проекции нормалей из LEADR Mapping, что лучше отражает реальность.

На рисунке 2 представлен результат отрисовки динамической сцены с морской поверхностью в Unreal Engine 5. Движение волн было симулировано в реальном времени. Генерация MIP-цепочек получаемой карты нормалей для LEADR Mapping также происходила в реальном времени.

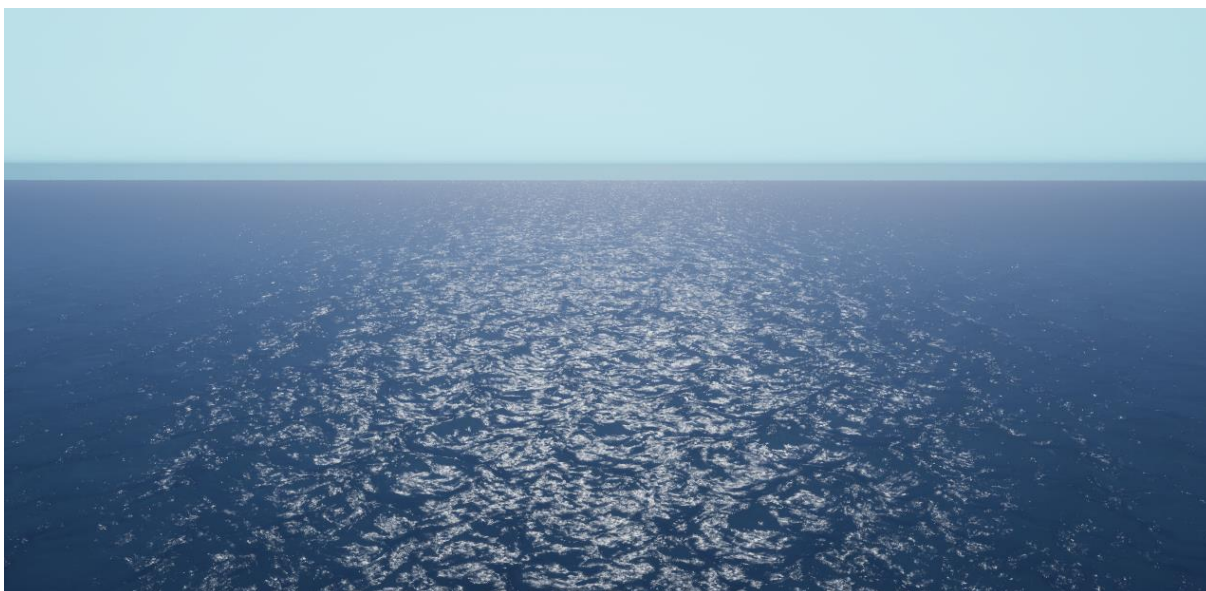


Рис. 2. Эффект блестящей морской поверхности, отрисованный новым алгоритмом с использованием симуляции морских волн

В таблице представлены результаты измерения производительности модифицированного алгоритма по сравнению с алгоритмами из работы [1] и алгоритмом из модели Substrate Unreal Engine 5. Производительность была измерена на устройстве с графическим ускорителем NVIDIA RTX 3070 с помощью расширения KHR_debug для OpenGL и инструмента stat gpu для Unreal Engine 5. В качестве метрики производительности в фреймворке из работы [1] приведено общее время отрисовки арктической сцены в разрешении 1920 на 1080 пикселей, а в Unreal Engine 5 приведено время, добавляемое по сравнению с отрисовкой сцены без отблесков. Поскольку имплементация алгоритма в Unreal Engine 5 требует использования полупрозрачных материалов, сравнения были проведены с полупрозрачными и непрозрачными материалами Substrate.

Таблица. Сравнение производительности алгоритмов

	В фреймворке из работы [1]	В Unreal Engine 5
Алгоритм Шермейна	3.40 мс	–
Substrate (непрозрачный)	–	1.02 мс
Substrate (полупрозрачный)	–	1.15 мс
Новый алгоритм	3.38 мс	1.09 мс

Из приведенных результатов видно, что модифицированный алгоритм не уступает по производительности оригинальному в фреймворке авторов и в случае полупрозрачных материалов Substrate, однако уступает в случае непрозрачных материалов Substrate, что является ожидаемым следствием использования отложенной отрисовки в движке.

Стоит также отметить, что эффективность по памяти нового алгоритма остается прежней, так как LEADR Mapping использует те же структуры из двух MIP-цепочек для каждой карты нормалей, что и LEAN Mapping, а предварительно рассчитанные распределения

для алгоритма отрисовки отблесков остались без изменений и занимают около 512 килобайт в видеопамяти.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В работе была предложена и разработана модификация алгоритма отрисовки отблесков Шермейна и других, позволяющая добиться более точного и приближенного к реальности результата, благодаря использованию метода фильтрации карт нормалей LEADR Mapping, учитывающего важный эффект изменения видимой проекции площади микрограней поверхности при изменении угла наблюдения. Для использования LEADR Mapping с оригинальным алгоритмом была предложена модифицированная функция экранирования и затенения V-бороздок для нецентрированных распределений. Производительность алгоритма оказалась схожей с оригинальным алгоритмом, что позволило сделать вывод о том, что новый алгоритм можно практически без потери производительности использовать в реальных компьютерных играх вместо оригинального. Алгоритм, как и оригинальный, сохраняет ограничение в виде необходимости гауссова распределения нормалей на карте нормалей, поэтому поиск и применение метода фильтрации карт нормалей в реальном времени, сохраняющего детали и не требующего выполнения этого условия может быть дальнейшей перспективой улучшения алгоритма.

Список использованных источников

1. Chermain X. et al. Real-Time Geometric Glint Anti-Aliasing with Normal Map Filtering // In Proc. ACM on Computer Graphics and Interactive Techniques. Association for Computing Machinery (ACM). – 2021. – Vol. 4. – №. 1. – Pp. 1–16.
2. Olano M., Baker D. LEAN Mapping // In Proc. ACM SIGGRAPH Symposium on Interactive 3D Graphics and Games. ACM Press. – 2010. – Pp. 181–188.
3. Dupuy J. et al. Linear Efficient Antialiased Displacement and Reflectance Mapping // ACM Trans. Graph. – 2013. – Vol. 32. – №. 6. DOI: 10.1145/2508363.2508422.
4. Smith B. Geometrical Shadowing of a Random Rough Surface // IEEE Trans Antennas Propag. – 1967. – Vol. 15. – №. 5. – Pp. 668–671.
5. Cook R.L., Torrance K.E. A Reflectance Model for Computer Graphics // ACM Trans Graph. – 1982. – Vol. 1. – №. 1. – Pp. 7–24.

Выпускник

Давыдова Евгения Александровна
институт лазерных технологий
e-mail: eadavydova@itmo.ru

Научный руководитель

Романова Галина Викторовна
к.т.н., доцент институт лазерных технологий
e-mail: gvodintsova@itmo.ru

УДК 544.032.65

**МЕТОД ЛАЗЕРНОГО СТРУКТУРИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ СТАЛИ
ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ АДГЕЗИЕЙ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ
В ВОДНОЙ СРЕДЕ**

Работа выполнена в рамках темы НИР №923014 «Лазерное воздействие как способ придания заданных функциональных свойств поверхности металлов».

Ключевые слова

Биообрастание, лазер, структурирование, гидрофобность, лазерно-индуцированный рельеф.

Цели и задачи

В современной промышленности проблема биообрастания имеет высокую значимость, и по подсчетам эффективная технология сможет сократить затраты от биообрастания приблизительно на 150 миллиардов долларов ежегодно [1]. Исследование проблемы образования биологических и минеральных отложений предполагает получение результатов фундаментального характера мирового уровня значимости, которые позволят обосновать базовые принципы для разработки доступной и экологичной лазерной технологии функционализации поверхности с целью снижения степени отложений на поверхности металлов в водной среде. Разрабатываемый в данном проекте метод представляет практический интерес для предприятий судостроения, судоремонта, теплообменного оборудования, датчиков детектирования в водной среде и металлообработки.

Основная часть (методология, результаты)

В качестве основного материала для проведения исследований были выбраны пластины из нержавеющей стали AISI 430. Данный материал был выбран, так как обладает низкой себестоимостью, имеет распространение в промышленных применениях (например, машиностроение, судостроение, нефтяные и газовые станции) и обладает хорошей устойчивостью к агрессивным химическим средам и механическим воздействиям [2]. Структурирование образцов проводилось на воздухе при нормальных условиях с

использованием технологического комплекса МиниМаркер-2 (ООО «Лазерный Центр», Россия) на базе волоконного иттербиевого лазера, работающего на длине волны $\lambda = 1,064$ мкм, генерирующего импульсы с частотой 50–100 кГц длительностью 100 нс с пиковой мощностью $P = 50$ Вт.

Морфология поверхности исследовалась методами оптической и сканирующей электронной микроскопии с помощью установок Zeiss Merlin и Zeiss Axio Imager A1M, а также методом профилометрии с помощью зондового профилометра KLA Tencor P-7. Степень смачивания поверхности материала исследовалась методом лежащей капли с помощью установки на базе оптического микроскопа ЛОМО МСП-1. В качестве тестовой жидкости использовалась дистиллированная вода. Объем капли для измерения в эксперименте биообрастания составлял 3 мкл. Средой для проведения экспериментов была выбрана морская вода из Финского залива, набранная в городе Сосновый Бор, так как в данном районе залива наиболее высокая концентрация микроорганизмов на единицу объема [3].

Были выявлены гидрофильные свойства лазерно-индуцированного рельефа сразу после микроструктурирования, так как на поверхности стали образуются оксиды, придающие материалу высокую поверхностную энергию. Для гидрофобизации после лазерной обработки исследовались методы низкотемпературного отжига на протяжении четырех часов при температуре в $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ и продолжительной выдержки на воздухе более 500 часов.

Оценка уровня биологического загрязнения осуществлялась каждую неделю и была определена с использованием химических индикаторов на основе резазурина и резорфина. Данный метод является наиболее распространённым в исследовании клеток и микроорганизмов и основан на применении Alamar Blue Assay [4].

В работе были сформированы биомиметический решётчатый рельеф лепестка розы, так как данный гидрофобный рельеф показал низкие обрастающие свойства в стоячей водной среде при первоначальных экспериментах. В сравнении к данной геометрии был выбран решётчатый рельеф. Рельефы формировались при плотностях мощности выше порога испарения (рис. 1).

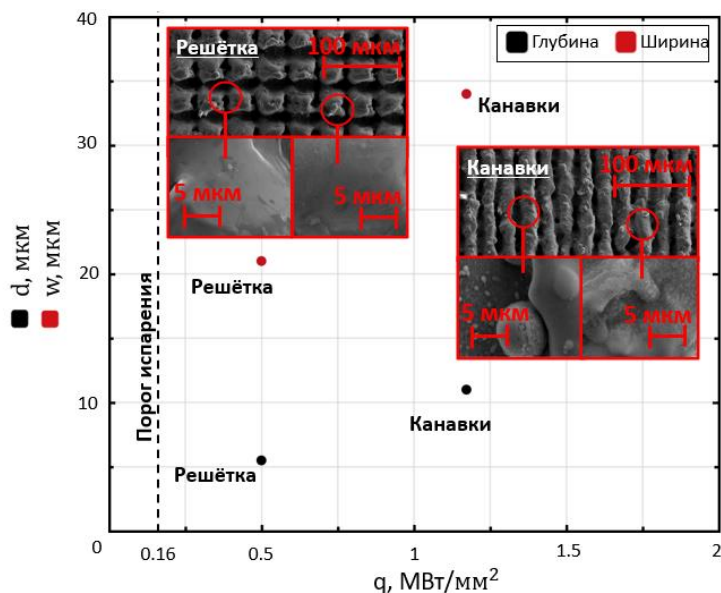


Рис. 1. Зависимость глубины и ширины структур от плотности мощности для каждого типа рельефа, а также СЭМ-снимки

В ходе исследования лазерно-индуцированных поверхностей на степень смачивания нержавеющей стали AISI430 были сделаны следующие выводы:

- после ЛС нержавеющая сталь является супергидрофильной, так как данными свойствами обладают оксиды железа, образующиеся на поверхности при окислении материала в ходе лазерной обработки;

- для решётчатого рельефа при гидрофобизации методом НТО удалось достичь гидрофобного эффекта, однако, этот эффект усиливается при продолжительной выдержке на воздухе, так как гидрофобные соединения -СОН образуются с наличием более прочных ковалентных связей между органическими соединениями и оксидами на поверхности металла;
- для канавчатого рельефа в ходе НТО не удалось добиться гидрофобного эффекта, что может быть связано с переосаждением и образованием мелкодисперсионных частиц, а также наличием большого количества переплава, что поменяло химическую структуру поверхности с образованием слоя, препятствующего адсорбции органики в ускоренном режиме для создания гидрофобных соединений, однако, гидрофобности удалось добиться при продолжительной выдержке на воздухе.

При исследовании степени биообрастания замеры на количество биоты производились еженедельно с каждого типа образца (рис. 2).

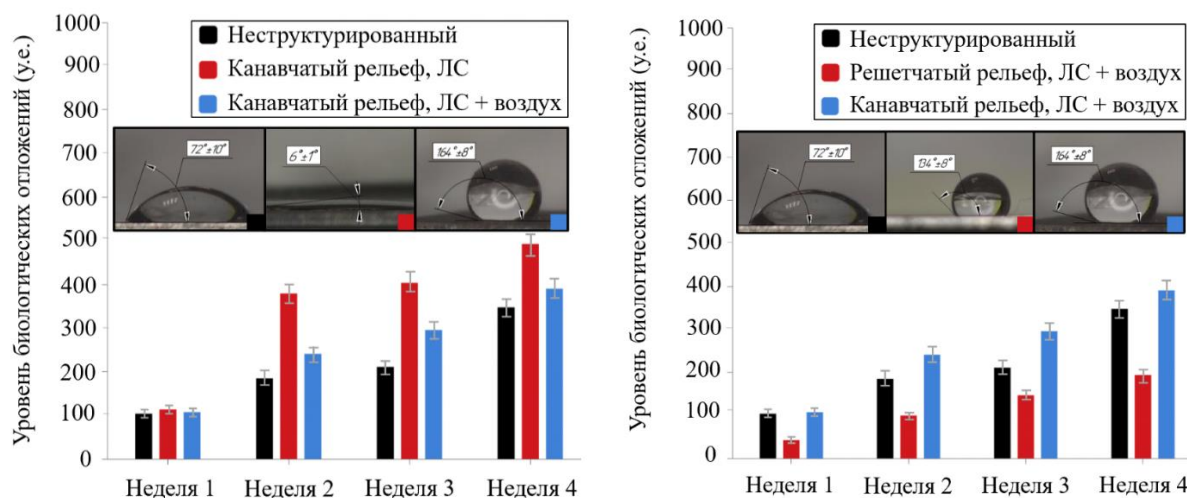


Рис. 2. Результаты степени биообрастания для рельефа с различными геометрией и состоянием смачивания

Исследование для динамической водной среды показало эффективное снижение обрастания для гидрофобного биомиметического рельефа, так как данные подложки имеют показатели обрастания на 30–50% ниже контрольных необработанных образцов. В то время, как гидрофобный канавчатый рельеф имеет биоплёнку, которая на 10–20% больше, чем у контрольных необработанных образцов.

В ходе работы были выделены следующие критерии к создаваемому лазерно-индуцированному рельефу с низкими адгезионными свойствами к микроорганизмам в водной среде:

- гидрофобные свойства металла, обеспечиваемые за счёт низкой поверхностной энергии, а также рельефа с заданной геометрией и размерами, играют ключевую роль в предотвращении образования биопленок на различных поверхностях;
- на начальном этапе биообрастания важно минимизировать шероховатость материала на наноуровне. Уменьшение наношероховатости способствует уменьшению площади поверхности, доступной для контакта с личинками или жгутиками микроорганизмов;
- на вторичном этапе защиты от биообрастания важно, чтобы микрорельеф поверхности имел размеры меньше, чем размер взрослых особей микроорганизмов. Эта стратегия направлена на предотвращение адгезии микроорганизмов путем минимизации доступной площади поверхности для прикрепления;
- при формировании структур для защиты от биоты важно ориентироваться на «узор» рельефа, так как решётка обеспечивает дополнительный разрыв мембран бактерий и организмов на перекрестии в случае колонизации поверхности.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

На данный момент разработаны основы создания лазерного метода формирования гидрофобных структур, которые обладают противообрастающими свойствами в водной среде. Эффективность такого метода подтверждена уменьшением биообрастания на 30–50% по сравнению с необработанным материалом, на 50–60% в сравнении с гидрофобных рельефом другой геометрической формы и на 75–90% в сравнении с гидрофильным рельефом. Также о промышленной применимости данного метода свидетельствует производительность более 1 м²/час.

Для доведения отработанного метода до индустриальной технологии требуется провести ряд дополнительных исследований:

- исследовать влияние водной среды на степень биообрастания (влияние солёности, температуры среды, скорости течения, наличие определённых видов организмов);
- исследовать получаемые лазерно-индуцированные рельефы на коррозионную стойкость, механическую и химическую износостойкость, а также сопротивление трению;
- повысить стабильность гидрофобных структур на металлических поверхностях в условиях переменной влажности.

Список использованных источников

1. Maan A.M.C. et al. Recent developments and practical feasibility of polymer-based antifouling coatings // *Advanced functional materials*. – 2020. – Т. 30. – №. 32. – P. 2000936.
2. Moldovan E.R. et al. Morphological analysis of laser surface texturing effect on AISI 430 stainless steel // *Materials*. – 2022. – Т. 15. – №. 13. – P. 4580.
3. Поляк Ю.М. и др. Мониторинг Финского залива Балтийского моря: влияние антропогенных факторов на биогеохимические процессы в прибрежной зоне // *Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем*. – 2018. – Т. 29. – №. 2. – С. 99–117.
4. Longhin E.M. et al. The alamar blue assay in the context of safety testing of nanomaterials // *Frontiers in Toxicology*. – 2022. – Т. 4. – P. 981701.

Выпускник

Дмитриев Денис Олегович

институт Высшая инженерно-техническая школа
e-mail: dmitrievdenis2012@gmail.com

Соавтор

Полторацкий Максим Ильич

ООО «НПК Морсвязьавтоматика», к.т.н., главный конструктор-заместитель начальника
отдела холодильного оборудования,
e-mail: pmi@unicont.com

Научный руководитель

Сулин Александр Борисович

д.т.н., профессор института «Высшая инженерно-техническая школа»
e-mail: miconta@rambler.ru

УДК 697.975.4

**ОБОСНОВАНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ СХЕМНЫХ РЕШЕНИЙ
ВОЗДУХООХЛАДИТЕЛЯ АВТОНОМНОГО КОНДИЦИОНЕРА**

Ключевые слова

Испаритель, неравномерность воздушного потока, автономный кондиционер, трубные проходы, CFD-моделирование.

Цели и задачи

Цель: выявить и решить проблему влияния на холодопроизводительность установки кондиционирования воздуха неравномерностей в поле скоростей воздушного потока, набегающего на фронтальное сечение трубчато-ребристого испарителя непосредственного кипения.

Задачи:

1. Выявить причины отклонения фактической холодопроизводительности испарителя от заявленной.
2. Провести CFD-моделирование работы испарителя при неравномерном обдуве.
3. Провести CFD-моделирование работы испарителя с учетом модернизации.
4. Практически подтвердить найденный способ решения заявленной проблемы.

Основная часть (методология, результаты)

Классические способы расчёта испарителей трубчато-ребристого типа, используемых в промышленном оборудовании, основаны на методиках, разработанных Розенфельдом Л.М., Ткачёвым А.Г., Гуревичем Е.С. др. [1].

В своей работе о расчётах испарителей Захаров Ю.В. рекомендует принимать скорость воздушного потока, входящего в рабочее сечение теплообменного аппарата, в интервале от 3 м/с до 5 м/с [2]. Однако данная рекомендация не может быть выполнена из-за неоднородных

потоков скорости воздуха, особенно в ограниченном внутреннем пространстве современных установок кондиционирования воздуха.

Идельчик И. Е. в работе указывает на области с пониженными относительно центра значениями скоростей потока воздуха вследствие влияния ограждающих конструкций [3]. В практической деятельности неравномерность потока воздуха не учитывается расчётными программами, вследствие этого появляется неопределённость при расчётах холодопроизводительности теплообменников трубчато-ребристого типа.

Вышеуказанный фактор в совокупности со стремлением производителей кондиционеров обеспечить компактность выпускаемой продукции, вынуждают искать нетипичные способы установки испарителей в корпуса кондиционеров. Однако при установке теплообменных аппаратов под углом, отличных от 90° к потоку обрабатываемого воздуха, условия, необходимые для корректной работы теплообменного аппарата, игнорируются [4].

Оценка степени влияния неоднородного воздушного потока выполнялось на базе научно-производственного комплекса компании «Морсвязьавтоматика» [5], а именно – кондиционере автономном судовом модели КАС-35, особенностью которого является наличие испарителя, установленного под углом к потоку воздуха.

Испаритель кондиционера КАС-35 является трубчато-ребристым теплообменным аппаратом, который состоит из медных труб с алюминиевым оребрением. Холодильный агент R407C. Температура кипения $T_0 = +7^\circ\text{C}$, температура конденсации $T_k = +45^\circ\text{C}$, перегрев 7 К, переохлаждение 2 К. Испаритель имеет шахматное расположение труб; толщина ламелей составляет 0,15 мм. Шаг оребрения – 2,5 мм. Испаритель имеет 4 ряда труб и для распределения холодильного агента между трубными проходами у теплообменного аппарата предусмотрен дистрибьютор типа «паук».

Расчёт испарителя выполнен в специализированной программе для расчёта теплообменников (рис. 1).

Блок испарителя		ВАТ В/4/28/2.50/1200/ACS/ /015032	
Мощность:	34.5 kW	Для размещения в:	Корпус
Пл. пов-ти:	87.4 m ²	Соединение:	справа
Требуемая площадь:	87.8 m ²	Геом. порядок труб:	шахматный
Резерв поверхности:	-0.5 %	Толщина инея:	0.0 mm
Конденсат:	12.90 kg/h	Отн. явная мощность :	74.0 %
К теплопередачи:	36.41 W/(m ² ·K)		
LMTD:	10.79 K		
Воздух	Вход	Выход	Хладагент:
Объемный расход:	5300 m ³ /h	5025 m ³ /h	R407C⁽¹⁾
Температура:	27.0 °C	12.4 °C	Т кипения:
Отн. влажность:	46 %	91 %	7.0 °C
Скорость:	1.3 m/s		Перегрев:
Давление воздуха:	1013 mbar		7.0 K
			Т конденсации:
			45.0 °C
			Т переохлаждения:
			42.0 °C
			Массовый расход:
			621 kg/h
			Объемный расход (газ):
			30.23 m ³ /h
Потери давления:	25 Pa		Потери давления:
			0.45 bar / 2.32 K

Рис. 1. Расчёт испарителя кондиционера КАС-35 в специализированной программе

В конструкции кондиционера модели КАС-35 применяется испаритель непосредственного кипения, установленный под углом 45° к потоку воздуха. Теплообменный аппарат должен при эксплуатационных условиях иметь холодопроизводительность 35 кВт. Однако результаты испытаний, проведённых производителем перед коммерческим производством, установили, что заявленная холодопроизводительность не достигается.

В ходе исследования было установлено, что условия входа потока воздуха в верхней и нижней частях КАС-35 затруднены внутренними конструкциями кондиционера, а также воздушными вихрями, препятствующих формированию равномерного воздушного потока.

Для понимания влияния условий обдува испарителя выполнен расчёт, учитывающих действительные поля скорости воздуха на входе.

Исходные данные:

- холодильный агент R407C;
- расход воздуха на входе – 5300 м³/ч.

Результаты моделирования приведены на рисунке 2 и в таблице.

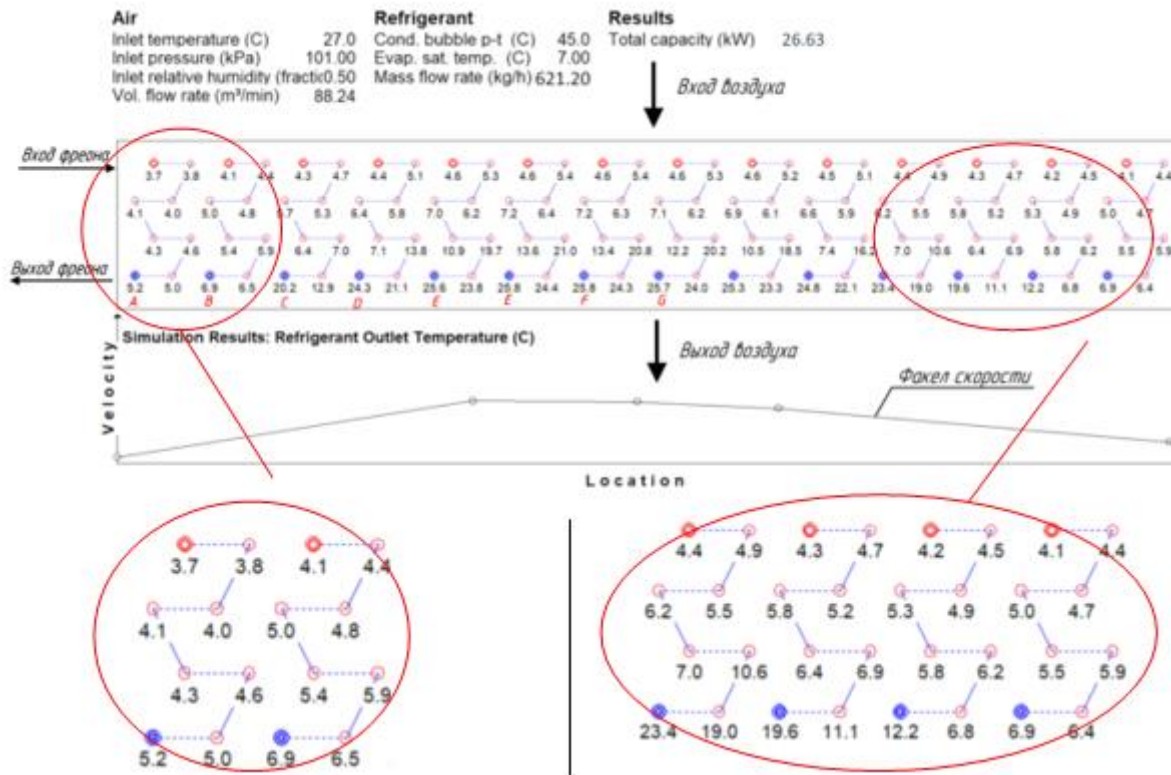


Рис. 2. Результат моделирования параметров холодильного агента в испарителе KAS-35 при неравномерном обдуве воздушным потоком

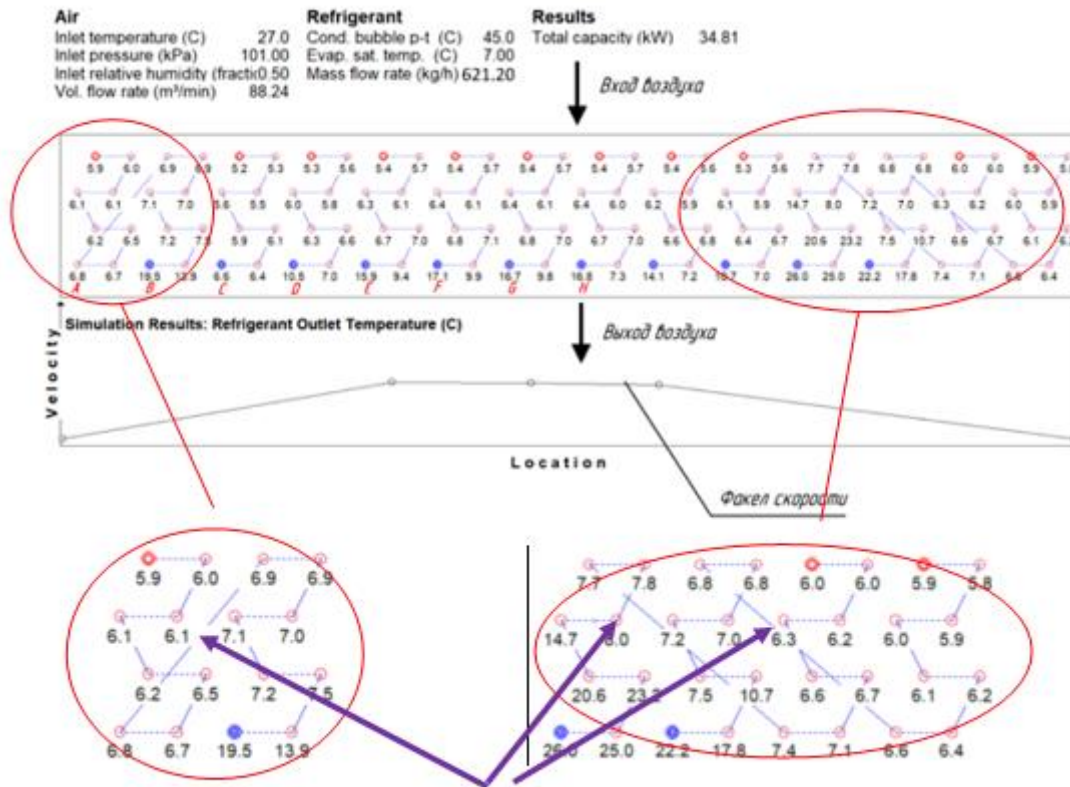
Таблица. Значения параметров хладагента в испарителе при неоднородном обдуве

№ грубого прохода	Степень сухости	Температура фреона на выходе, °C	Перегрев
1	0,69	5,20	0,00
3	0,98	6,90	0,00
5	1,00	20,2	13,1
7	1,00	24,3	17,1
9	1,00	25,6	18,5
11	1,00	25,8	18,8
13	1,00	25,8	18,8
15	1,00	25,7	18,7
17	1,00	25,3	18,3
19	1,00	24,8	17,8
21	1,00	23,4	16,3
23	1,00	19,6	12,5
25	1,00	12,2	5,10
27	0,97	6,90	0,00

Результаты моделирования показывают, что среднее значение перегрева в выходном коллекторе в 7 К достигается при смешивании потоков хладагента с различными температурными параметрами. При этом значение перегрева колеблется от 2–5 К по крайним зонам испарителя и до 19 К в центральной зоне. Низкоэффективное использование по краям поверхности теплообменного аппарата является причиной снижения расчётной

холодопроизводительности испарителя более, чем на 20%. Вместо требуемых 35 кВт испаритель обеспечивает 26,63 кВт.

Отрицательный вклад в работу терморегулирующего вентиля (ТРВ) вносит холодильный агент, который протекает в крайних трубных проходах испарителя. Для компенсации вышеизложенного отрицательного влияния на работу ТРВ выполнено изменение конфигурации трубных проходов теплообменника (рис. 3). Тепловизионное изображение испарителя приведено на рисунке 4.



Изменение конфигурации трубных проходов испарителя

Рис. 3. Значение температур фреона на выходе из трубных проходов испарителя

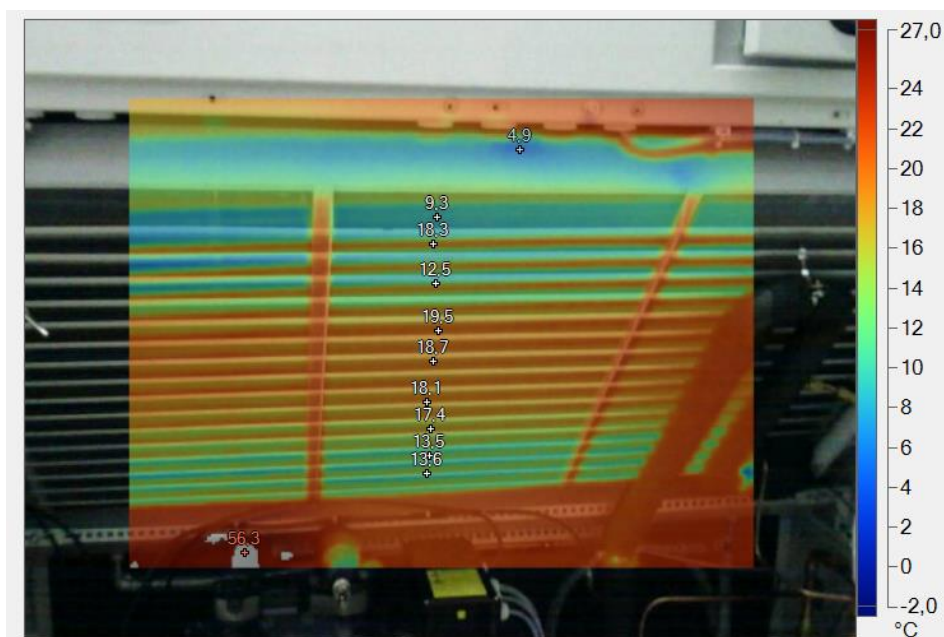


Рис. 4. Температуры трубных проходов испарителя при неоднородном обдуве

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

Рассмотрено решение достижения расчётной холодопроизводительности при неоднородном потоке воздуха на входе в испаритель. Описанный метод является наиболее эффективным, так как не требуется изменять габариты кондиционера и не изменяются остальные компоненты системы.

Вышеизложенный вариант изменения трубных проходов испарителя удалось успешно реализовать на и на другом оборудовании, имеющим в конструкции испаритель, установленный под углом к входному потоку воздуха, и получить требуемую холодопроизводительность.

Список использованных источников

1. Розенфельд Л.М., Ткачёв А.Г., Гуревич Е.С. Примеры и расчёты холодильных машин и аппаратов. - 4-е изд. - 1960: Типография № 11 Управления полиграфической промышленности Ленсовнархоза, 1960. – 236 с.
2. Захаров Ю.В. Судовые установки кондиционирования воздуха и холодильные машины: - Ленинград: Судостроение, 1979. – 584 с.
3. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. - 3-е изд. - Москва: Машиностроение, 1992. – 672 с.
4. Khaled M., Faraj K., El Hage H., Faraj J., Taher R., Mortazavi M. Multi-pass concept applied to tube-fin heat exchangers with cross-flow water and air - Thermal modeling and feasibility study // International Journal of Thermofluids. – 2023. – №. 17. DOI: 10.1016/j.ijft.2023.100291.
5. Холодильное оборудование. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: unicont.com/climate/ (дата обращения: 21.06.2023).

Выпускник

Захаров Кирилл Александрович
факультет цифровых трансформаций
e-mail: kirill.zakharov00@mail.ru

Научный руководитель

Гулева Валентина Юрьевна
к.т.н., доцент факультета цифровых трансформаций
e-mail: guleva@itmo.ru

УДК 004.942

**РАЗРАБОТКА МЕТОДА ГЕНЕРАЦИИ СИНТЕТИЧЕСКИХ
ТРАНЗАКЦИЙ В УСЛОВИЯХ ОГРАНИЧЕНИЙ
КОНФИДЕНЦИАЛЬНОСТИ**

Работа выполнена в рамках темы НИР №321219 «Интеллектуальные технологии больших данных для поддержки принятия решений в финансовой сфере на основе предсказательного моделирования».

Ключевые слова

Генеративные модели, транзакционные данные, дифференциальная приватность, случайные процессы.

Цели и задачи

Транзакционные данные являются одним из главных источников информации в финансовой сфере. Транзакции показывают активность клиентов банка или финансовой организации в виде объема трат по некоторым категориям в определенные моменты времени. Таким образом, транзакции представляют собой табличные данные, но с временной зависимостью. Помимо этого, транзакции также должны обладать должным уровнем конфиденциальности или дифференциальной приватности для сохранности шаблонов поведения клиента банка. Требования конфиденциальности исключают возможность выявления нарушителем закономерностей персональных данных клиента, например объема трат в определенной категории товаров. Цель выпускной квалификационной работы состоит в разработке метода генерации синтетических транзакций в условиях ограничений конфиденциальности. Также цель включает разработку нового метода дифференциальной приватности с зависимостью от времени. Научная новизна работы заключается в создании новой архитектуры нейронной сети для генерации синтетических данных, а также в предложенной методологии оценки

чувствительностей функций потерь в доказанных теоремах. Предложены способы генерации времени и моделирования сценариев категорий трат.

Основная часть (методология, результаты)

На первом этапе исследования был проведен аналитический обзор научных источников по теме генерации синтетических транзакций, табличных данных и временных рядов. Были выделены основные недостатки существующих подходов и, в частности, проблемы существующих методов генерации транзакций. Рассматривая методы генерации табличных данных, акцент был сделан в сторону анализа генерации многомерных данных, но без фактора времени. Минусом такого подхода для генерации транзакций является невозможность порождать данные со схожими интервалами времени в цепочках транзакций. При обзоре методов временных рядов внимание уделялось возможности генерации упорядоченных во времени последовательностей, в том числе многомерных временных рядов. Такой подход не учитывает одновременно разные типы признаков, например, категориальных и непрерывных. Среди методов генерации транзакций существует только один подход для генерации всех типов атрибутов. Данный подход не способен генерировать новые временные цепочки и плохо работает с категориальными признаками.

Вторая часть исследования была направлена на разработку метода генерации синтетических транзакций. Предложенный метод включает механизм предобработки данных, новую схему генерации транзакций, а также механизмы конфиденциальности. Все атрибуты в транзакционных данных были разделены на 4 типа: категориальные признаки с большим числом уникальных значений, категориальные признаки с маленьким числом уникальных значений, числовые признаки и признак, отвечающий за фактор времени. После разделения атрибутов метод пропускает их через дифференциально приватные автокодировщики для получения сжатого представления и увеличения степени конфиденциальности полученных представлений. Чтобы получить дифференциально приватный автокодировщик, необходимо добавить к функции потерь случайную величину из нормального распределения с нулевым средним и дисперсией σ^2 ,

$$\sigma^2 = 2 \frac{\log\left(\frac{1.25}{\delta}\right)(\Delta_2 f)^2}{\epsilon^2},$$

где $\epsilon > 0$ – уровень приватности, δ – вероятность утечки данных, $\Delta_2 f$ – чувствительность функции потерь. Чувствительность определяется как максимально возможное отклонение на смежных наборах данных, то есть тех, которые отличаются в одном наблюдении. Более формально $\Delta_2 f = \sup_{X \sim X'} \|f(X) - f(X')\|_2$. В разработанном методе есть два типа автокодировщиков: с функцией потерь среднеквадратическая ошибка (MSE) и бинарная кросс-энтропия (BCE). Для оценки их чувствительностей были доказаны следующие предложения.

Предложение 1. Пусть автокодировщик имеет в качестве функции потерь среднеквадратическую ошибку (MSE). Рассмотрим $X \in \mathbb{D}$, как входные данные размерности h с N наблюдениями. Обозначим через $\tilde{X} \in \mathbb{D}$ результат декодирования и предположим, что $X' \sim X, \tilde{X}' \sim \tilde{X}$ для всех $X, \tilde{X} \in \mathbb{D}$. Пусть $\forall x_{i,j} \in X, X', \tilde{X}, \tilde{X}'$ выполняется

$$|x_{i,j}| \leq C, C > 0, i \in \{1, \dots, N\}, j \in \{1, \dots, h\}.$$

$$\text{Тогда } \Delta_1 \text{MSE} = \Delta_2 \text{MSE} = \frac{4C^2}{N}.$$

Предложение 2. Пусть автокодировщик имеет в качестве функции потерь бинарную кросс-энтропию (BCE). Рассмотрим $X \in \mathbb{D}$, как входные данные размерности h с N

наблюдениями. Обозначим через $\tilde{X} \in \mathbb{D}$ результат декодирования и предположим, что $X' \sim X, \tilde{X}' \sim \tilde{X}$ для всех $X, \tilde{X} \in \mathbb{D}$, принимающих значения из $\{0,1\}$.

Тогда $\Delta_2 \text{VSE} = \frac{\hat{\zeta}}{N}$, где $\hat{\zeta}$ – граница на значение логарифма через машинную точность при аргументе близком к нулю.

Доказательства данных предложений можно найти в опубликованной в рамках работе статье [3].

Далее, выделяется условный вектор, который включает в себя категории трат и время (рис. 1).

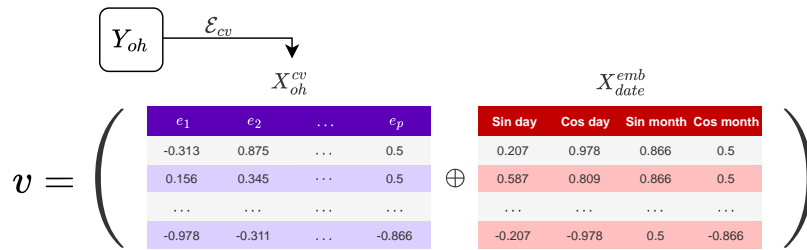


Рис. 1. Компоненты условного вектора

После получения компактных представлений и условного вектора данные подаются на вход генеративной модели, которая была разработана также в рамках ВКР и опубликована в работах [1-2] (рис. 2), но с модификацией в виде добавления условного вектора и подачи на вход случайного процесса.

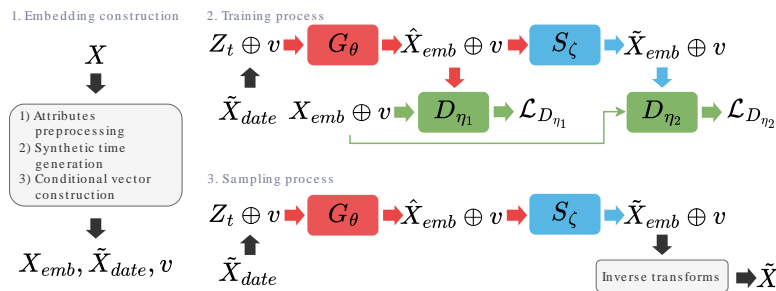


Рис. 2. Архитектура разработанного метода генерации

Случайный процесс должен быть квадратично-интегрируемым, для правильной работы нового метода дифференциальной приватности с зависимостью от времени. Сам процесс задается следующим стохастическим дифференциальным уравнением,

$$dZ_t = -\frac{1}{\theta} Z_t dt + \sqrt{\frac{1-Z_t^2}{\theta(\delta+1)}} dW_t,$$

где W_t – винеровский процесс на исходном вероятностном пространстве данных, θ, δ – гиперпараметры. Процесс дискретизуется через схему Эйлера-Маруямы с порядком сходимости $O(\sqrt{dt})$.

Также в саму модель генерации транзакций был встроен механизм дифференциальной приватности, основанный на дивергенции Реньи. Для этого также необходимо оценить чувствительность функции потерь. В рамках ВКР доказана следующая теорема.

Теорема. Пусть дискриминатор d_η является критиком, и в модели используется функция потерь Вассерштейна $\mathcal{L}_d = \mathbb{E}[d_\eta(X)] - \mathbb{E}[d_\eta(\tilde{X})]$, где $X \in \mathbb{D}$ – начальные данные с N наблюдениями и размерности h , $\tilde{X} \in \mathbb{D}$ – синтетический результат. Предположим, что элементы матриц $X, \tilde{X}, X', \tilde{X}'$ ограничены константой $0 \leq C \leq 1$. Пусть $b \in [0, C]$ – значение отсечения для параметров дискриминатора.

Тогда $|\mathcal{L}_d| \leq 2\gamma_{k,m}$ и $\Delta_2 \mathcal{L}_d = \frac{4}{N} \gamma_{k,m}$, где $\gamma_{k,m}$ – ограничение на результат дискриминатора с механизмом skip-connection между k -м и m -м слоями.

Разработанный метод позволяет варьировать сценарии двух типов: по категориям и по времени. Меняя соотношения в OneHot векторах в категориях транзакций, будет меняться и соответствующий условный вектор, который непосредственно влияет на синтетические данные. Варьируя диапазоны времен, можно продолжать транзакции по времени, которого не было в исходных данных.

Финальная часть исследования включает разработку нового механизма дифференциальной приватности, который способен учитывать фактор времени. Для этого уровень приватности рассматривается как нейронный случайный процесс $\tilde{\epsilon}(t, \tilde{X})$ на исходном вероятностном пространстве. Для этого вводится дополнительная нейронная сеть, которая на вход принимает компоненту времени из условного вектора и синтетические представления транзакций на выходе из генератора. Время процесса идет по индексам батча. Далее нейронный процесс интегрируется по винеровским траекториям $I_j(\tilde{\epsilon}, T) = \int_0^T \tilde{\epsilon}(t, x) dW_j^u(t)$ и усредняется для получения нового уровня приватности $\hat{\epsilon}_T = E_{W_j}[\min\{|I_j(\tilde{\epsilon}, T)|, \epsilon_0\}]$. Для того, чтобы можно было использовать стохастический интеграл Ито $I_j(\tilde{\epsilon}, T)$, необходимо на вход генератору подавать квадратично-интегрируемый мартингал. Для доказательства того, что $\tilde{\epsilon}(t, x)$ является квадратично-интегрируемым процессом, были использованы предположения TRGAN о липшицевости нейронных сетей за счет введения значения отсечения параметров дискриминатора.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

Качество предложенного метода было продемонстрировано с помощью экспериментального исследования, в которое вошли методы CTGAN, CopulaGAN и Banksformer на транзакционных данных двух банков, находящихся в открытом доступе. Результаты показали, что разработанный метод демонстрирует лучшее качество генерации транзакций по ряду критериев. Основными критериями выступали дивергенция Йенсена-Шеннона, расстояние Вассерштейна и статистические тесты. Также были представлены гистограммы распределений объемов трат, категорий транзакций, приращений времени и потока денежных средств в сравнении с исходными данными. Также метод позволяет генерировать синтетическое время, что выделяет его из существующих подходов. Отдельно было проведено экспериментальное исследование по сохранению конфиденциальности данных путем проверки различий в распределениях, метриках задач машинного обучения и метриках приватности, таких как t -близость. Разработанный метод можно использовать в случае недостатка данных для решения задач финансовой сферы, например рекомендаций категорий кэшбека или прогнозирования трат клиентов в определенной категории или момент времени.

По результатам выпускной работы опубликованы три статьи в международных журналах цитируемых в Scopus и WebOfScience. Также результаты апробированы на пяти конференциях, три из которых международные и две всероссийские. Оформлен результат интеллектуальной деятельности «Программная библиотека условной генерации синтетических транзакционных данных» № 2023662683 от 09.06.2023. Результаты были апробированы в рамках проектов с банками «Санкт-Петербург» и «Сбер».

Дальнейшее развитие может быть связано с обобщением теоремы на более общий случай нейронных сетей и использование другой архитектуры генератора, например, диффузионной модели.

Список использованных источников

1. Zakharov K., Stavinova E., Boukhanovsky A. Synthetic Financial Time Series Generation with Regime Clustering // Journal of Advances in Information Technology, – 2023. – Vol. 14. – №. 6. – Pp. 1372–1381. DOI: 10.12720/jait.14.6.1372-1381.
2. Zakharov K., Stavinova E., Lysenko A. TRGAN: A Time-Dependent Generative Adversarial Network for Synthetic Transactional Data Generation // 2023 7th International Conference on Software and e-Business (ICSeB 2023), December 21–23, 2023, Osaka, Japan. ACM, New York, NY, USA – 8 p. DOI: 10.1145/3641067.3641076.
3. Zakharov K., Stavinova E. Time-dependent differential privacy for enhanced data protection in synthetic transaction generation // 2024 13th International Conference on Software and Computer Applications (ICSCA 2024), February 1–3, 2024, Bali Island, Indonesia. ACM, New York, NY, USA. – 6 p. DOI: 10.1145/3651781.3651798.

Выпускник

Кашурин Александр Ильич
центр химической инженерии
e-mail: pkashurin@mail.ru

Научный руководитель

Подшивалов Александр Валерьевич
к.х.н., заведующий лабораторией, центр химической инженерии
e-mail: podshivalov@itmo.ru

УДК 544.773.432

**УСТАНОВЛЕНИЕ ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ
НАДМОЛЕКУЛЯРНЫХ САМОСБОРНЫХ СТРУКТУР
(БИО)ПОЛИЭЛЕКТРОЛИТНЫХ КОМПЛЕКСОВ ХИТОЗАН:ЖЕЛАТИН
И ПОЛУЧЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ НА ИХ ОСНОВЕ**

Ключевые слова

Хитозан, желатин, полиэлектролитные комплексы, упругие трехмерные каркасы гидрогели, раневые повязки.

Цели и задачи

Целью настоящей работы являлось определение граничных условий формирования и влияния состава структур (био)полиэлектролитных комплексов ((био)ПЭК) хитозан:желатин на их стабильность в растворе, а также на физико-химические свойства полученных материалов. Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

- 1) уточнение диапазонов рН и соотношения полимеров при формировании стабильных структур (био)ПЭК в смеси хитозан:желатин методом турбидиметрического титрования;
- 2) исследование размеров первичных комплексных структур в смесях хитозана и желатина методами динамического рассеяния света (ДРС);
- 3) получение самосборных гидрогелевых материалов (био)ПЭК и исследование влияния состава на физико-механические и сорбционные свойства.

Основная часть (методология, результаты)

На сегодняшний день на отечественном рынке медицинских услуг существует потребность в создании современных и рентабельных раневых покрытий, удовлетворяющих эксплуатационным требованиям к материалам подобного рода. Актуальность данного вопроса

подтверждается статистическими данными. Известно, что с 2020 по 2022 года в России произошло увеличение числа заболеваний кожи и подкожной клетчатки на 6,5% и составляет 5,3 млн случаев, установленных у пациентов впервые в жизни [1]. Кроме того, согласно исследованиям НИУ ВШЭ, существует критическая импортозависимость в производстве химических веществ и химических продуктов, а также лекарственных средств и материалов, применяемых в медицинских целях.

Перспективным решением вышеобозначенного вопроса является создание «умного» гидрогелевого материала, в основе которого лежат электростатические взаимодействия. Общая стратегия создания таких материалов продемонстрирована на рисунке 1.

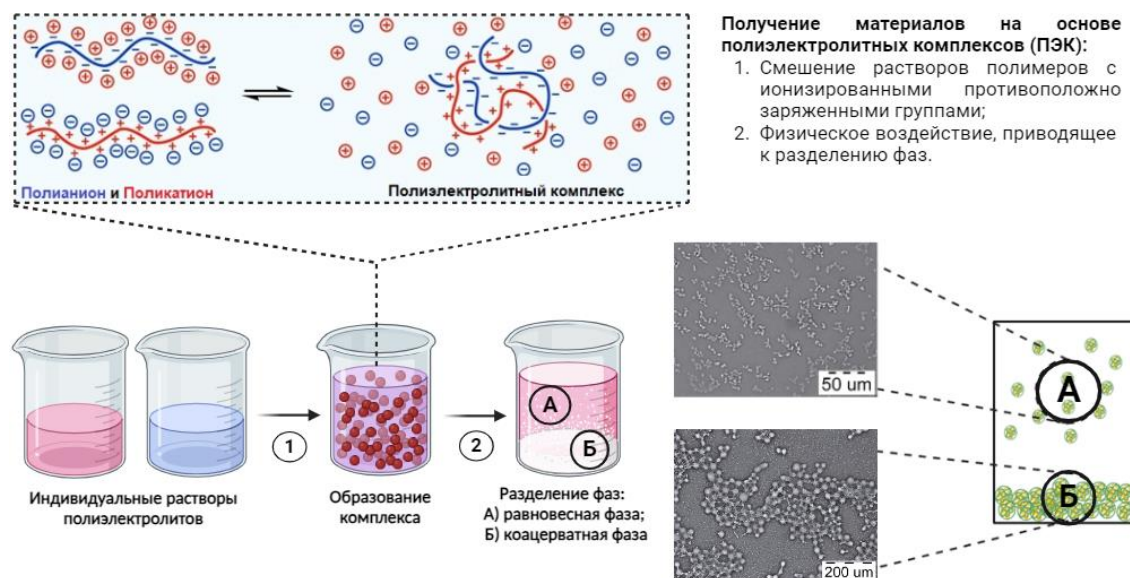


Рис. 1. Общая схема получения материалов в результате полиэлектrolитного взаимодействия

На данный момент внимание исследователей привлекают комплексы состава полиамфолит – поликатион. Наиболее доступными и технологически значимыми полимерами в данной конфигурации (био)ПЭК являются желатин и хитозан. Основные трудности для данных полимеров при образовании (био)ПЭК заключены в узком диапазоне рН формирования, низкой концентрации отрицательно заряженных ионогенных групп, а также на порядок меньшей молекулярной массы желатина, относительно хитозана. В связи с вышесказанным необходимо провести комплексные исследования процесса полиэлектrolитного взаимодействия между хитозаном и желатином для успешного использования материалов на их основе в терапевтических целях.

Для уточнения диапазонов рН формирования и стабильности первичных структур (био)ПЭК проводилось турбидиметрическое титрование смесей растворов хитозана ($C = 0,5 \text{ мас.}\%$) и желатина ($C = 0,5 \text{ мас.}\%$), которые были смешаны в соотношении хитозан:желатин 1:1, 1:5, 1:10, 1:15, 1:20, 1:25, 1:30 (рис. 2). Титрование осуществлялось в диапазоне значений рН 3–10 при $\lambda = 364 \text{ нм}$ на спектрофотометре Unico 2100 (США). Также по уравнению (1) было рассчитано отношение ионогенных групп исходных полиэлектrolитов:

$$z = \frac{C_M[\text{Жел}]}{C_M[\text{Хит}]}, \quad (1)$$

где $C_M[\text{Хит}]$ и $C_M[\text{Жел}]$ – молярные концентрации ионогенных звеньев. Для полученных соотношений полимеров z составляет 0,06, 0,29, 0,58, 0,89, 1,15, 1,44 и 1,73, соответственно.

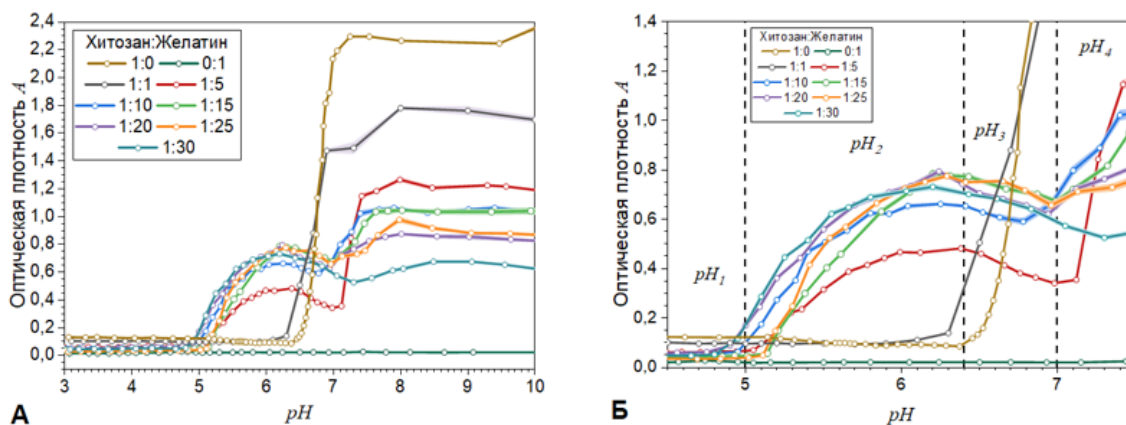


Рис. 2. Кривые турбидиметрического титрования растворов хитозана желатина и их смесей: А) измерение во всем диапазоне значений рН; Б) детализированный участок формирования (био)ПЭК

Как видно из рисунка 2, б, выделяются четыре области, из которых наиболее значимой является pH_2 . В диапазоне $5 < pH \leq 6,4$ наблюдается изменение оптической плотности при увеличении доли желатина. Начиная с соотношения хитозан:желатин 1:5 и выше достигается локальный максимум оптической плотности при $pH \approx 6$, который может соответствовать наибольшему выходу коацерватов. Примечательно, что по мере увеличения доли желатина, значение максимума оптической плотности возрастает только до соотношения 1:15, а далее без существенных изменений, что может говорить об образовании похожих структур при $z \geq 1$.

Исследование распределения размеров частиц в смесях растворов хитозана ($C = 0,1$ мас.%) и желатина ($C = 0,5$ мас.%) при рН 3 и 5,5 (рис. 3), проводили с помощью анализатора размера частиц HORIBA LB-550 (Франция) с использованием цилиндрической кюветы, лазерного луча ($\lambda = 650$ нм), мощностью 5 мВт и углом рассеяния 177° при $25^\circ C$.

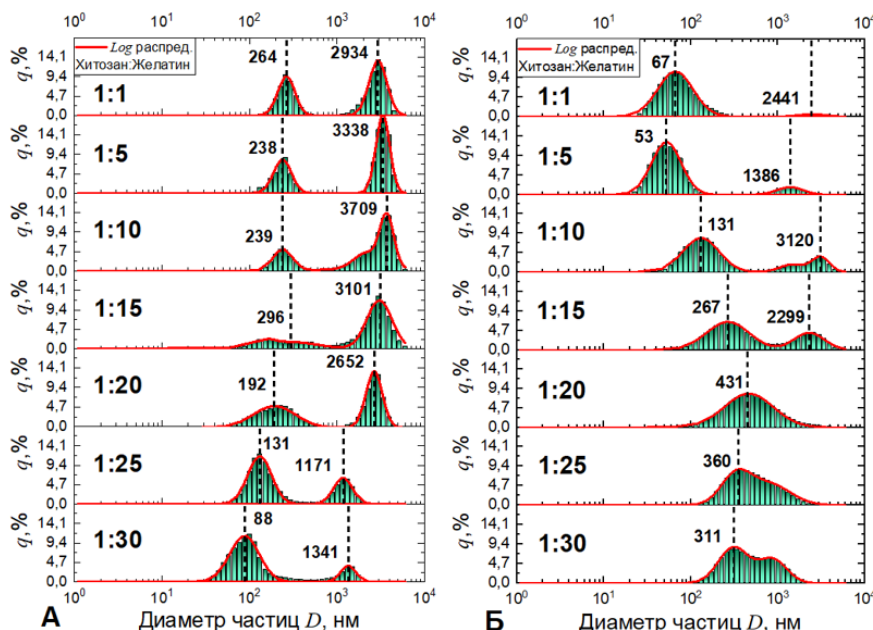


Рис. 3. Распределения диаметров частиц в смесях хитозан:желатин: А) рН = 3; Б) рН = 5,5

Как видно из рисунка 3, а, при рН = 3 для смесей биополимеров при всех соотношениях наблюдается бимодальное распределение, характерное для индивидуального раствора хитозана, который не образует истинных растворов [2]. Данное поведение примечательно тем, что в отсутствии межмолекулярных взаимодействий между полимерами ожидается распределение диаметров, характерное для индивидуального раствора желатина

(около 20 нм) ввиду его избытка. Отклонение от описанного сценария можно объяснить образованием диссипативных структур за счет наличия водородных взаимодействий между биополимерами.

В условиях, когда раствор смеси биополимеров имеет $pH = 5,5$ (рис. 3, б), хитозан и желатин приобретают противоположные заряды, что отражается на распределении диаметров дисперсий. Демонстрируемый разброс диаметров до соотношения 1:20 может быть обусловлен наличием артефактов в структуре. Однако начиная от соотношения 1:20 распределение диаметров частиц становится более однородным. Вероятнее всего это связано с повышением степени взаимодействия между биополимерами в условиях $z \geq 1$, что приводит к компактизации структуры (био)ПЭК.

Для получения гидрогелей (био)ПЭК были подготовлены растворы хитозана ($C = 1$ мас.%) и желатина ($C = 4$ мас.%), которые были смешаны в соотношении хитозан:желатин 1:10, 1:15, 1:20, 1:25, 1:30 и доведены до $pH = 6$. Далее смесь термостатировали при $35^\circ C$ до фазового разделения, затем отстаивали при $25^\circ C$ до гелеобразования.

Вязкоупругие свойства гелей (рис. 4) анализировали с помощью вращательного реометра Physica MCR 502 фирмы Anton Paar (Австрия). Экспериментальные данные модуля накопления (G') регистрировали при постоянном значении угловой частоты $\omega = 10$ Гц в диапазоне деформации сдвига $\gamma = 0,001 \div 500$ % и $25^\circ C$.

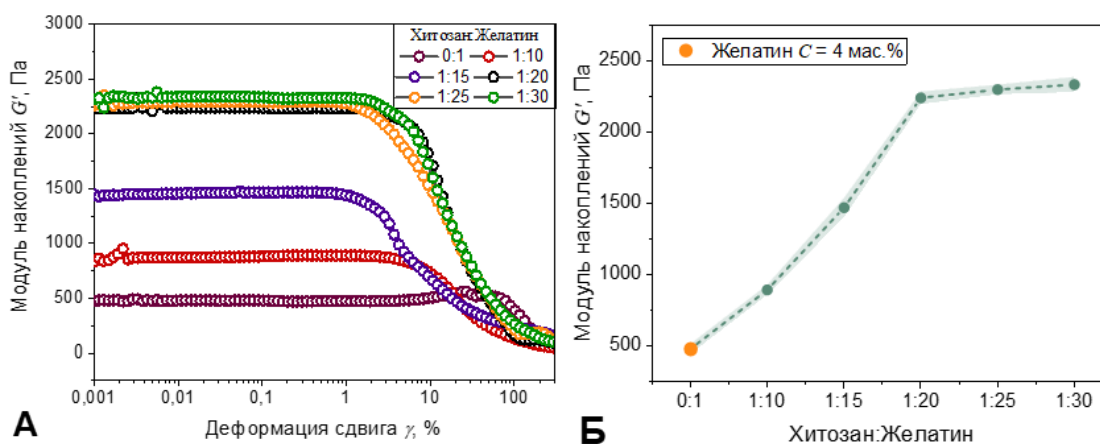


Рис. 4. А) зависимость модуля накоплений упругой деформации G' от деформации сдвига; Б) модуль накоплений G' в линейном вязкоупругом диапазоне

Как видно из рис. 4, для гидрогелей (био)ПЭК по мере увеличения доли желатина в диапазоне соотношений 1:10–1:30 наблюдается увеличение упругости материала в три раза, что может свидетельствовать об увеличении густоты сшивания в условиях избытка отрицательно заряженных групп ($z \geq 1$). Данное поведение может объясняться повышением однородности коацерватов как было показано на рисунке 3, б.

Для изучения сорбционных характеристик гидрогелей в дистиллированной воде и фосфатно-солевом буферном растворе (PSB, $pH = 7,4$) был применен гравиметрический метод. Сорбционный анализ показал для желатинового геля и соотношения 1:10 гель-золь переход для каждого из растворителей, что говорит о низкой силе межмолекулярного взаимодействия. В диапазоне соотношений 1:15–1:30 в дистиллированной воде происходит понижение сорбционной емкости на 85% по мере увеличения доли желатина в системе и составляет 17 г/г (для 1:30), что подчеркивает факт образования наиболее густосшитого геля, что согласуется с проведенными ранее исследованиями (рис. 4). Обратная тенденция наблюдается в PSB, где с увеличением доли желатина происходит повышение сорбционной емкости на 43% и составляет 12 г/г (для 1:30), что объясняется возникающими анионными электростатическими силами отталкивания в результате депротонирования аминогрупп хитозана [3].

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В ходе работы была разработана технология получения гидрогелей на основе (био)ПЭК хитозан:желатин с заданной структурой и физико-химическими свойствами. Было установлено, что механические и сорбционные свойства материала зависят от морфологии первичных комплексных структур, которой в свою очередь можно управлять путем изменения стехиометрии заряда в системе. В дальнейшем планируется оценить эффективность инкапсуляции и высвобождения лекарственных средств гидрогелями (био)ПЭК.

Список использованных источников

1. Российский статистический ежегодник. 2023: Стат.сб./Росстат. – Р76 М., 2023. – 701 с.
2. Philippova O.E., Korchagina E.V. Chitosan and its hydrophobic derivatives: Preparation and aggregation in dilute aqueous solutions // Polymer Science Series A. – 2012. – Vol. 54. – Pp. 552–572.
3. Fajardo A.R. et al. Effect of stoichiometry and pH on the structure and properties of Chitosan/Chondroitin sulfate complexes // Colloid and Polymer Science. – 2011. – Vol. 289. – Pp. 1739–1748.

Выпускник

Краснов Дмитрий Игоревич

научно-образовательная лаборатория "Техническое зрение"

e-mail: dmitriy_krasnov@outlook.com

Научный руководитель

Гусев Александр Алексеевич

к.т.н., доцент научно-образовательной лаборатории "Техническое зрение"

e-mail: aagusev@itmo.ru

УДК 004.021

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОГРАММНО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ
РАСПОЗНАВАНИЯ МАЛОРАЗМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ
НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ**

Ключевые слова

Сверточная нейронная сеть, обработка изображений, малоразмерный объект, модули внимания, сегментация.

Цели и задачи

В настоящее время общего подхода к распознаванию малоразмерных объектов не существует. Все методы, описанные в тематических публикациях, принципиально отличаются, а главная проблема заключается в том, что сравнить их друг с другом невозможно, поскольку тестовые наборы данных уникальны в рамках каждой публикации и обычно закрыты. В связи с этим целью данной работы является исследование методов распознавания малоразмерных объектов, их экспериментальная оценка по различным метрикам и формирование рекомендаций по их использованию в различных задачах. Задачами работы являются: поиск и анализ существующих подходов к решению задачи обнаружения малых объектов на изображениях инфракрасного (ИК) и видимого диапазонов; сбор и разметка изображений в ИК и видимом диапазоне для экспериментальной оценки алгоритмов; обучение и оценка алгоритмов по сформулированным ранее метрикам; обработка результатов и формирование рекомендаций для использования того или иного алгоритма в различных ситуациях.

Основная часть (методология, результаты)

Обнаруживать объекты малого размера на изображении крайне сложно за счет малого количества пикселей. Следствием этого является низкая информативность объекта, содержащего маленькое количество пикселей. Ситуацию осложняет частое наличие сложного неоднородного фона (объекты инфраструктуры, облака, деревья и т.д.), чья информативность выше, чем у искомого объекта. Данные сложности порождают различные подходы к распознаванию таких объектов, поскольку стандартные алгоритмы или сверточные нейронные сети не способны с достаточной точностью решать эту задачу [1].

Одним из таких подходов повышения контрастности является использование ИК канала [2]. На ИК изображении малоразмерный объект представляет собой ярко светящуюся точку, в то время как фон имеет намного меньшую интенсивность, что позволяет подавить фон и выделить объект. Данный подход нашел широкое применение в системах безопасности и системах специального назначения. Главным недостатком данного подхода является невозможность классификации объекта, а также большое количество ложноположительных обнаружений.

Другим подходом является использование сверточных нейронных сетей, которые способны подавлять фон и выделять искомым объект [3]. Нейронные сети способны обрабатывать изображения как видимого, так и ИК диапазона. Кроме того, некоторые модели перенимают биологическую способность человеческого мозга получать информацию из последовательности изображений, определяя области движения объектов [4]. Недостатком является отсутствие общего подхода к решению задачи, поскольку в каждой работе предлагается уникальное решение, которое было оценено на своем наборе данных, что значительно усложняет задачу исследователям и инженерам.

В данной работе была предпринята попытка систематизировать имеющиеся подходы к распознаванию малоразмерных объектов как в ИК, так и в видимом диапазонах. Для этого было проведено исследование алгоритмов фильтрации в ИК диапазоне и сверточных нейронных сетей для видимого диапазона. Были собраны наборы данных удаленных летающих объектов на ИК и видимых изображениях. Результаты комплексного анализа и функционального тестирования позволили выделить две группы алгоритмов обнаружения в ИК диапазоне по точности и производительности. Алгоритмы первой группы способны с вероятностью правильного обнаружения более 0,85 обнаруживать объект, но обладают низкой скоростью обработки одного кадра. Алгоритмы второй группы способны быстро обрабатывать один кадр, но обнаруживают объект с более низкой вероятностью. Тестирование сверточных нейронных сетей для изображений видимого диапазона выделило UNet, как архитектуру, способную с наибольшей точностью 39% по Average Precision (AP) обнаруживать объект и обладающую наилучшей устойчивостью к шумам и помехам.

В работе представлен способ общего решения задачи обнаружения малоразмерного объекта на изображениях видимого диапазона с помощью сверточных нейронных сетей. Предложенный способ основан на использовании блоков межканального и пространственного внимания для улучшения уже существующих архитектур нейронных сетей [5]. Такие блоки могут быть интегрированы в архитектуру любой сложности без существенного увеличения вычислительной сложности, что позволяет использовать уже готовую сверточную нейронную сеть, не разрабатывая ее с нуля. Для эксперимента использовалась простая модель для мультиклассовой сегментации ESNet, в которую были интегрированы модуль слияния признаков, модуль межканального внимания (рис. 1) и модуль пространственного внимания (рис. 2).

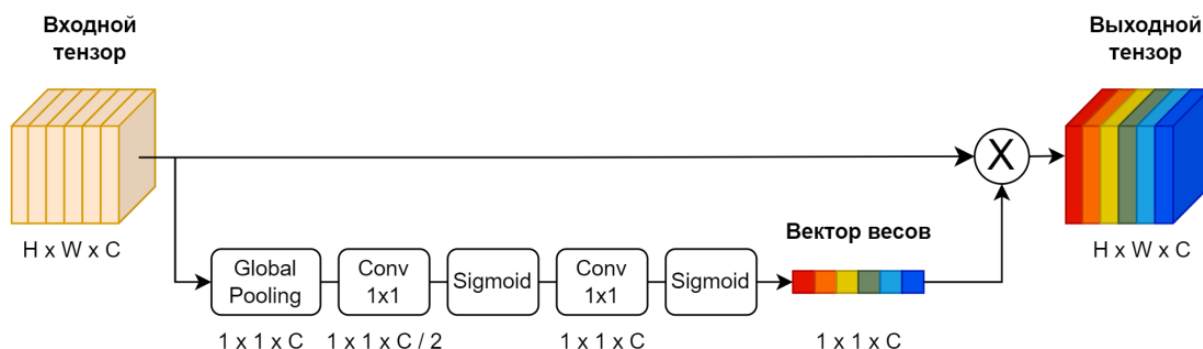


Рис. 1. Модуль межканального внимания

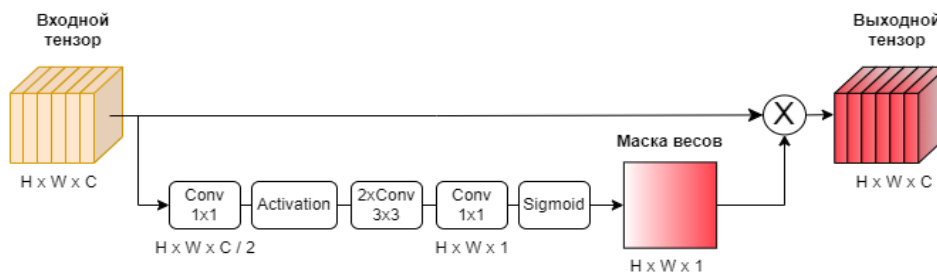


Рис. 2. Модуль пространственного внимания

Базовая и улучшенные модели были обучены с использованием NVIDIA RTX 3060 12GB. Результаты тестирования моделей представлены в таблице.

Таблица. Результаты тестирования моделей

Модель	F-мера	IoU	ROC AUC	AP
Исходная	0,706	0,547	0,824	0,571
Слияние признаков	0,750	0,595	0,876	0,613
Межканальное внимание	0,742	0,590	0,864	0,620
Пространственное внимание	0,715	0,552	0,873	0,582
Межканальное и пространственное внимание	0,761	0,615	0,891	0,639

Для оценки эффективности модулей внимания в подавлении фона были построены тепловые карты (рис. 3), полученные с помощью усреднения предпоследнего тензора базовой и улучшенной сетей.

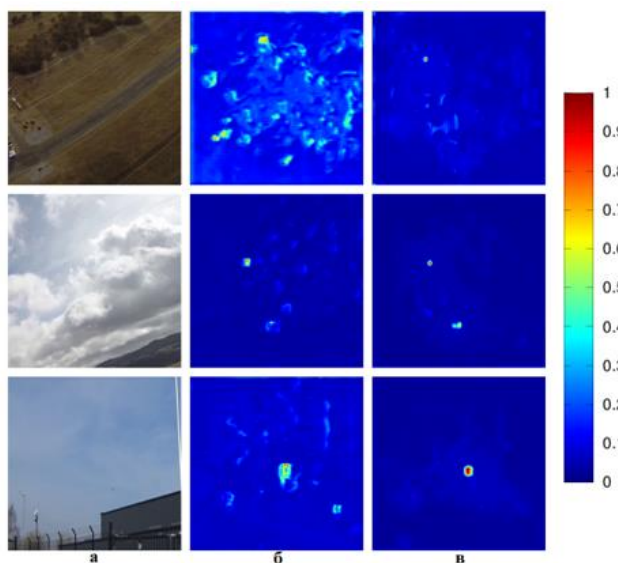


Рис. 3. Тепловые карты внимания (а – входное изображение, б – базовая модель и в – модель с межканальным и пространственным вниманием)

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В результате проделанной работы было проведено масштабное исследование алгоритмов распознавания малоразмерных объектов на изображениях инфракрасного и видимого диапазонов. Был проведен анализ существующих подходов и оценка некоторых из описанных алгоритмов. Результаты оценки позволяют выбрать наиболее подходящий алгоритм для конкретной задачи.

Для повышения точности моделей сегментации описаны блоки внимания, легко интегрируемые в архитектуру любой сложности. Оценка улучшенных моделей показала

высокую эффективность модулей внимания в задаче сегментации малоразмерных объектов и подавления сложного фона. Были сформированы рекомендации, позволяющие повысить точность сверточной нейронной сети и адаптировать ее к распознаванию малоразмерных объектов.

В дальнейшем планируется использовать описанные блоки внимания для повышения точности моделей детекции, таких как YOLO.

Список использованных источников

1. Краснов Д.И. Исследование методов сегментации малоразмерных объектов // Молодые профессионалы: II Всероссийская конференция : сборник научных трудов, Санкт-Петербург, 10–12 октября 2023 года. – 2024. – С. 80–83.
2. Zhao M., Li W., Li L., Hu J., Ma P., Tao R. Single-Frame Infrared Small-Target Detection: A survey // IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine. – 2022. – Vol. 10. – №. 2. – Pp. 87–119. DOI: 10.1109/MGRS.2022.3145502.
3. Cheng G., Yuan X., Yao X., Yan K. Zeng Q., Xie X., Han J. Towards Large-Scale Small Object Detection: Survey and Benchmarks // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 2023. – Vol. 45. – №. 11. – Pp. 13467–13488. DOI: 10.1109/TPAMI.2023.3290594.
4. Mazurek P. Convolutional Neural Network Reference for Track-Before-Detect Applications // Remote Sensing. – 2023. – Vol. 15. – №. 18. – P. 4629. DOI: 10.3390/rs15184629.
5. Agac S., Durmaz Incel O. On the Use of a Convolutional Block Attention Module in Deep Learning-Based Human Activity Recognition with Motion Sensors // Diagnostics. – 2023. – Vol. 13. – №. 11. – P. 1861. DOI: 10.3390/diagnostics13111861.

Выпускник

Морщинин Иван Владимирович
факультет экотехнологий
e-mail: keshanowak@gmail.com

Научный руководитель

Молодкина Нелли Ринатовна
к.т.н, доцент факультета экотехнологий
e-mail: nellimolodkina@yandex.ru

УДК 579.66

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВТОРИЧНЫХ МАТЕРИАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ
ДЛЯ НАПРАВЛЕННОГО КУЛЬТИВИРОВАНИЯ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ**

Ключевые слова

Микроводоросли, направленное культивирование, промышленный биосинтез, вторичные материальные ресурсы, меласса, дробина пивная.

Цели и задачи

Цель ВКР состоит в исследовании возможности направленного культивирования микроводорослей на вторичных материальных ресурсах. Данная цель реализуется с помощью следующих задач: 1. Провести анализ литературных источников. 2. Подбор вторичных материальных ресурсов. 3. Приготовление сред для культивирования. 4. Провести культивирование микроводорослей на контрольной и исследуемых средах. 5. Анализ полученных результатов.

Основная часть (методология, результаты)

Промышленное применение микроводорослей является сложной задачей из-за ряда препятствий, связанных со стоимостью культивирования при огромном масштабе. Масштабное производство биомассы микроводорослей не является устойчивым решением из-за больших затрат пресной воды при культивировании, в последнее время все чаще можно увидеть научные работы на тему выращивания микроводорослей на сточных водах, что позволяет сделать данное производство экологически чистым за счет процессов биопереработки [1–3]. Следовательно, вопрос разработки недорогих сред для культивирования является очень актуальным. Культивирование на альтернативных средах с низкой стоимостью позволяет предприятиям получать доход за счет производства продуктов с высокой добавочной стоимостью, такими, как омега-3 полиненасыщенные жирные кислоты

[4–6]. Культивирование микроводорослей на вторичных материальных ресурсах представляет собой перспективное направление, позволяющее использовать отходы промышленности в качестве субстрата для роста микроводорослей и производства продуктов с высокой добавочной стоимостью. Этот подход способствует уменьшению выбросов парниковых газов, экономии природных ресурсов и снижению негативного воздействия промышленных отходов на окружающую среду. Таким образом, исследование возможности направленного культивирования микроводорослей на вторичных материальных ресурсах имеет высокую актуальность в контексте поиска экологически безопасных и эффективных способов производства.

В ходе работы микроводоросли штаммов *Chlorella vulgaris* и *Scenedesmus fuscus* культивировались на средах из мелассы свекловичной, пивной дробины и контрольной среды Vg-11. Ежедневно в трех повторностях производились измерения таких параметров, как оптическая плотность, плотность суспензии, количество клеток, количество жизнеспособных клеток, содержание хлорофилла-а и сухая биомасса. В рамках работы была получена таблица объемом 264 строки. Далее была разработана программа, позволяющая предсказывать стационарную фазу роста микроводорослей при их культивировании для обеспечения максимального выхода биомассы.

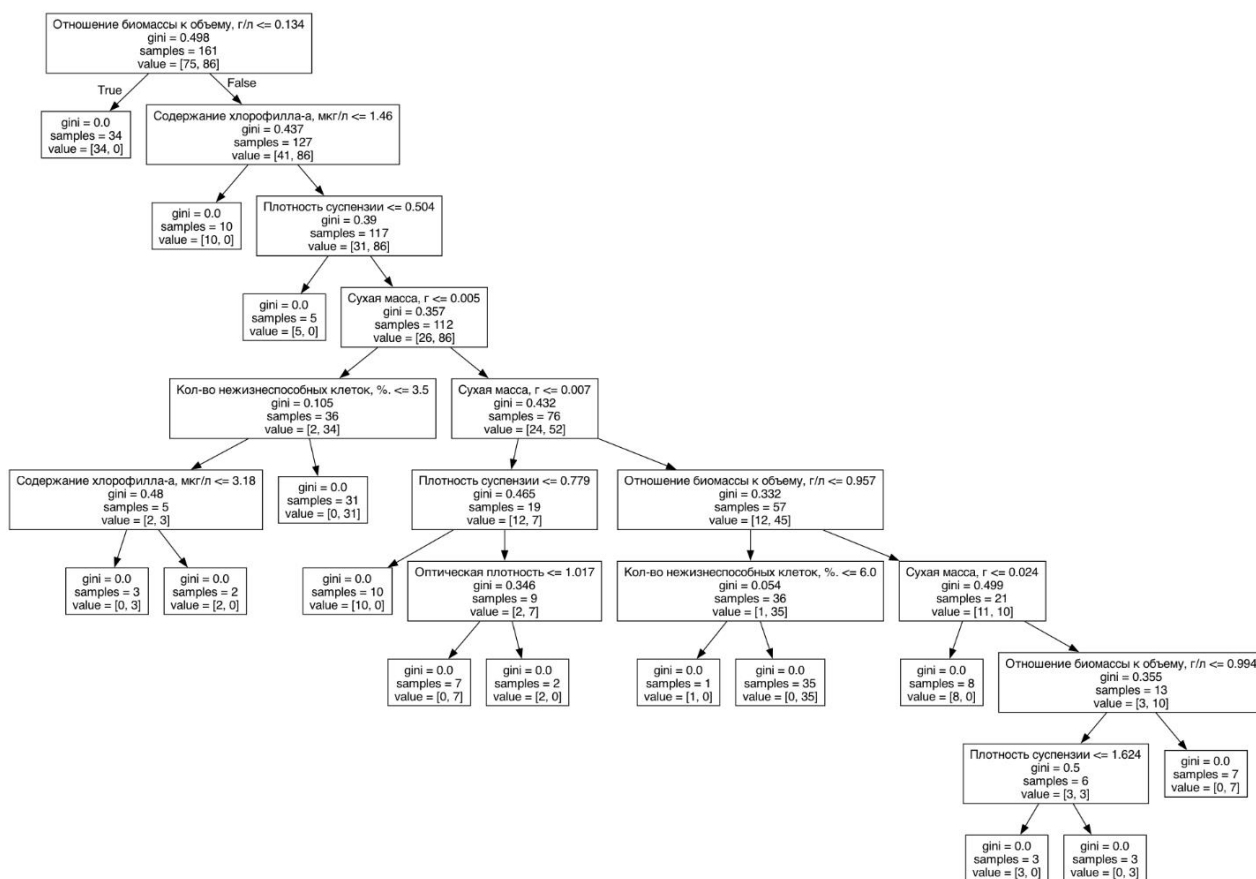


Рисунок. Дерево принятия решений для определения стационарной фазы роста

Точность предсказания полученной программы для определения стационарной фазы роста составила 97%.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В ходе работы было произведено культивирование микроводорослей на двух средах, состоящих из вторичных материальных ресурсов. Наилучшие результаты показал штамм

Chlorella vulgaris при культивировании на мелассе свекловичной. При культивировании *Scenedesmus fuscus* показателей контрольной среды достигнуть не удалось, что не позволяет использовать этот штамм для промышленного биосинтеза омега-3 жирных кислот.

В дальнейших перспективах исследования лежит поиск большего количества материальных ресурсов, на которых бы было возможно культивировать микроводоросли с целью направленного биосинтеза, так же в дальнейших исследованиях будет активно использоваться написанная программа для определения фазы культивирования.

Список использованных источников

1. Serges J.A., Falkowski P.G. Physiological stress and celldeath in marine phytoplankton: induction of proteases in response to nitrogen or light limitation // *Limnol Oceanogr.* – 1998. – Vol. 43. – №. 1. – Pp. 129–135.
2. Boussiba S. Carotenogenesis in the green alga *Haematococcus phivialis*: cellular physiology and stress response // *Physiol. Plant.* – 2000. – V. 108. – Pp. 111–117.
3. Bechet Q., Shilton A., Fringer O.B., et al. Mechanisticmodelling of broth temperature in outdoor photo-bioreactors // *Environ Sci Technol.* – 2010. – Vol. 4. – №. 6. – Pp. 2197–2203.
4. Tolnai S. A method for viable cell count // *MethodsCell Science.* – 1972. – Vol. 1. – Pp. 37–38.
5. Bonora A., Mares D. A simple colorimetric method fordetecting cell viability in cultures of eukaryotic microorganisms // *Curr Microbio* – 1982. –Vol. 7. – №. 4. – Pp. 217–222.
6. Day J.G., McLellan M.R. Cryopreservation and freeze-drying protocols // *Methods Mol Biol.* – 1995. – Vol. 38. – Pp. 81–89.

Выпускник

Нгуен Ньы Куанг

факультет программной инженерии и компьютерной техники

e-mail: nguyennhuquang1998@gmail.com

Научный руководитель

Быковский Сергей Вячеславович

к.т.н, доцент факультета программной инженерии и компьютерной техники

e-mail: sergei_bykovskii@itmo.ru

УДК 004.923

**РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ 3D-СКАНИРОВАНИЯ ПОМЕЩЕНИЙ
НА БАЗЕ КОЛЕСНОГО РОБОТА**

Работа выполнена в рамках темы НИР №620164 «Методы искусственного интеллекта для киберфизических систем» и №623106 «Автономные интеллектуальные системы».

Ключевые слова

3D-сканирование помещений, монокулярная оценка глубины, карт глубины, облака точек, сочетание датчиков, колесный робот, ROS, визуальный SLAM, RTAB-Map.

Цели и задачи

3D-сканирование помещений представляет собой процесс создания точной трехмерной модели физического пространства и широко применяется в разных сферах, таких как архитектура, строительство, виртуальная реальность, робототехника, автономные транспортные средства. Целью данной работы является повышение автономности системы 3D-сканирования помещений за счет разработки вычислительной платформы для сканирования на базе колесного робота. Разработан алгоритм 3D-сканирования помещений, построен экспериментальный образец реального робота для выполнения задачи сканирования, разработан алгоритм управления системой, разработано прикладное и системное программное обеспечение.

Основная часть (методология, результаты)

Системы 3D-сканирования помещений часто классифицируются по типам датчиков. Обычно используемые датчики включают 3D-LiDAR, ToF камеры, стереокамеры, но все они имеют определенные недостатки с точки зрения стоимости и надежности. В этой работе было

использовано прогнозирование глубины по одной камере с помощью модели нейронной сети. Этот метод имеет низкую стоимость и активно развивается в последние годы. Рассмотрев существующие модели нейронных сетей, мы решили использовать модель DeepAnything, которая была опубликована в апреле 2024 года и достигла наивысшей точности на тот момент с относительной погрешностью 5,6% [1].

Входные данные состоят из нескольких RGB изображений окружающей среды, сделанных под разными углами. На основе прогнозирования глубины был разработан алгоритм построения полной 3D-модели из одного положения с фильтрами для повышения точности [2]. Первым шагом является предварительная обработка изображений путем объединения их в панораму, затем разделение их на части и начало построения карты глубины каждого изображения с помощью модели нейронной сети. Такой подход избегает дублирования 3D-точек одно и того же объекта на разных изображениях.

Для повышения точности 3D-модели используется калибровка карты глубины с данными 2D-LiDAR. Так как зависимость карты глубины от фактической глубины кажется линейной, поэтому используется линейное приближение первого порядка: $y = ax + b$. Относительная погрешность можно уменьшить до 2,7%.

Оценка глубины по изображениям выполняется отдельно, поэтому часто существует разница в глубине между двумя соседними краями двух последовательных изображений. Глубина выравнивается на основе разницы глубины и цвета на краях. Обычно глубина на обоих краях после коррекции будет одинаковой как в строках с 1-й по 218-ю на рисунке 1, так как они являются одним и тем же объектом. Однако, например, в строках с 219-й по конец глубина каждого изображения будет регулироваться отдельно на основе глубины в их 218-й строке, так как по соседним краям два разных объекта.

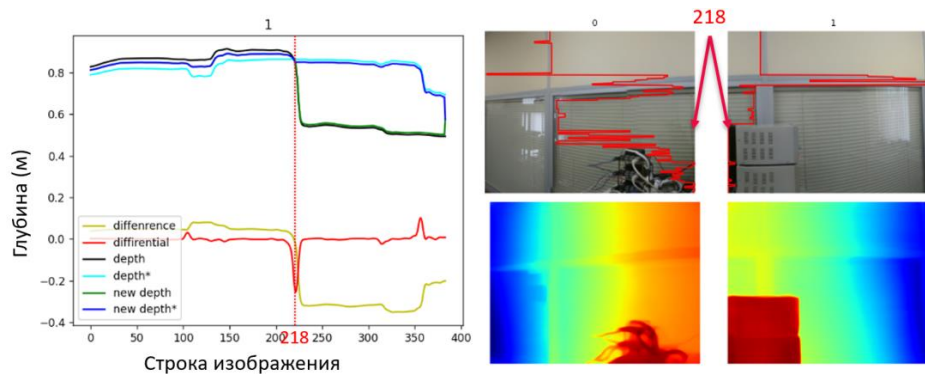


Рис. 1. Соседние RGB изображения, их карты глубины и график глубин на соседних краях между ними

На основе исследовательского метода была разработана аппаратура в виде колесного робота для реализации алгоритма. Сначала была моделирована система в виртуальной среде Gazebo, а потом разработана архитектура реального робота. Основными датчиками для сбора данных являются камера с глубиной Realsense D435i и 2D-LiDAR URG-04LX-UG01, которые поставлены на высоте 0,6 м над полом. Используемый LiDAR имеет погрешность меньше 1% и работает в диапазоне меньше 5,6 м. В нижней стороне помещены 2 колеса с двигателями и энкодерами и 2 роликовых колеса. Внутри робота помещены вычислительные модули как Jetson Nano и STM32, а также другие электрические компоненты. Двигатели были рассчитаны на основе динамических параметров робота для обеспечения движения со скоростью 0,5 м/с, а аккумулятор был рассчитан на основе энергопотребления системы для обеспечения работы в течение 4 часов [3]. Все остальные электрооборудования были рассчитаны для обеспечения необходимых рабочих параметров. Полный робот представлен на рисунке 2.



Рис. 2. Фотография разработанного робота для 3D-сканирования

Программное обеспечение на Jetson Nano было реализовано в виде некоторых узлов с помощью ROS. На компьютере зайти в Jetson Nano через SSH и запустить программы. Все данные отправляются с Jetson Nano на компьютер в реальном времени для визуализации и обработки. Роль STM32 в работе заключается в получении команд управления скоростью от Jetson Nano через UART, управлении скоростью ШИМ-сигналом и отправке значений энкодеров обратно в Jetson Nano.

Собранным роботом можно управлять с помощью клавиатуры или геймпада. Погрешность одометрии робота составляет 2–3% по линейности и 0,2–1% по ориентации. Робот может двигаться со средней скоростью 0,5 м/с и работать непрерывно в течение четырех часов.

Были проведены эксперименты алгоритмов в нашем роботе в лаборатории ФПиИКТ. Время сканирования составляет 155 с. На рисунке 3 представлен процесс построения 3D-модели из одного положения. Применяя фильтры, карта глубины стала цельной и по краям нет различий в глубине.

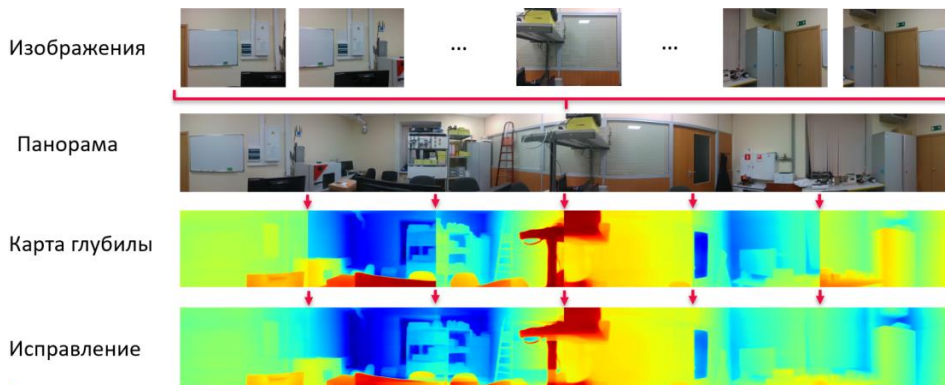


Рис. 3. Процесс построения 3D-модели из одного положения

На рисунке 4 представлена полная 3D-модель до и после фильтрации. Конечная 3D-модель довольно гладкая и цельная.

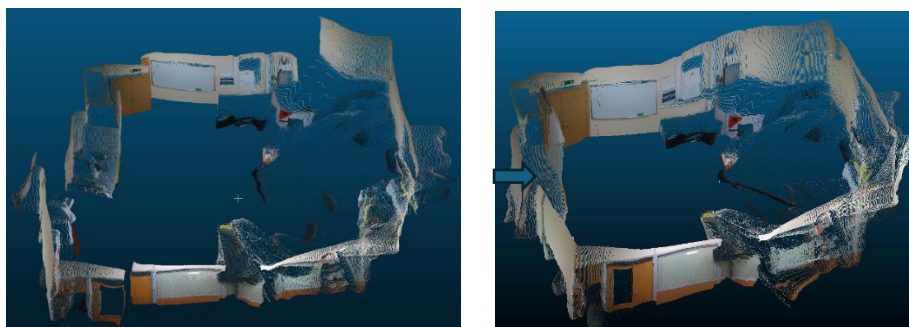


Рис. 4. 3D-модель до (левая) и после (правая) фильтрации

С помощью фильтров средняя относительная погрешность полученного облака точек была снижена от 8,1% до 2,7%, которая приведена в нижней таблице.

Таблица. Точность облака точек, полученного нашим методом

Метод	Средняя погрешность		Максимальная погрешность	
	Абсолютная (см)	Относительная (%)	Абсолютная (см)	Относительная (%)
DeepAnything	23,1	8,15	54,0	20,3
Наш метод	7,78	2,70	38,2	13,5

Кроме нашего метода был дополнительно исследован метод RTAB-Map, который является популярным методом для решения задачи визуального SLAM в робототехнике [4]. Этот метод работает в реальном времени и создает 3D карты всех помещений, а не только в одном положении устройства. На рисунке 5 представлена 3D-карта, полученная этим методом. Применяя калибровки карты глубины камеры Realsense с помощью данных 2D-LiDAR, погрешность была снижена с 3,74% до 1%.

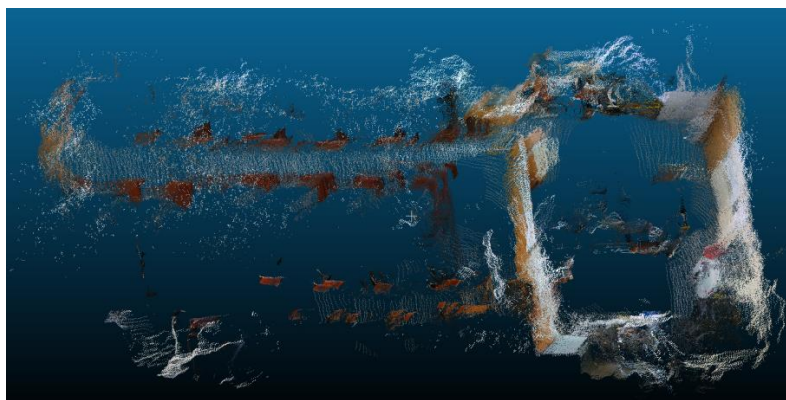


Рис. 5. 3D-карта методом RTAB-Map

По сравнению с RTAB-Map, наш исследованный метод создает облака точек с меньшей шумом и большей плотностью точек, но имеет меньшую точность и не может работать в реальном времени. Наш метод более подходит для 3D-реконструкции помещений.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В ходе работы была разработана система 3D-сканирования помещений на базе колесного робота. Система умеет перемещаться в пространстве и производить сканирование помещения. Был разработан метод 3D-сканирования помещений из одного положения на основе монокулярной оценки глубины нейронными сетями. Применяя калибровки карты глубины с помощью данных 2D-LiDAR и выравнивания деформации на краях, средняя относительная погрешность полученного облака точек была снижена от 8,1% до 2,7%. Кроме того, система также обеспечивает сканирование помещений с помощью визуального SLAM метода (RTAB-Map) со средней погрешностей около 1%.

В дальнейшей работе планируется исследовать соединение облаков точек, созданных отдельно в каждом положении. Также можно исследовать метод калибровки прогнозируемой карты глубины по одной камере с помощью карты глубины камеры Realsense. Можно сегментировать объекты на изображении, а затем калибровать их в соответствии с каждым объектом. Также можно исследовать как соединить облака точек, созданные отдельно в каждом положении.

Список использованных источников

1. Yang L., Kang B., Huang Z., Xu X., Feng J., Zhao H. Depth Anything: Unleashing the Power of Large-Scale Unlabeled Data, arXiv:2401.10891v2 [cs.CV] 7 Apr 2024.
2. Bykovskii S., Nguyen N., Wang Q., Platunov A., Zhdanov A. 3D-scanning system based on monocular vision // Proceedings of SPIE. –2023. – Vol. 12767. – P. 127671H.
3. Расчет мобильного робота. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://community.robotshop.com/tutorials/show/drive-motor-sizing-tutorial> (дата обращения: 05.11.2023).
4. Labbe M., Michaud F. RTAB-Map as an Open-Source Lidar and Visual SLAM Library for Large-Scale and LongTerm Online Operation, arXiv:2403.06341v1 [cs.RO] 10 Mar 2024.

Выпускник

Никитин Игорь Юрьевич

международный научно-образовательный центр физики наноструктур

e-mail: nikitin0igor512@gmail.com

Научный руководитель

Гладских Игорь Аркадьевич

к.ф.-м.н., старший научный сотрудник центра Информационные оптические технологии

e-mail: 138020@mail.ru

УДК 535.374

**ПЛАЗМОН-УСИЛЕННЫЙ ПЕРЕНОС ЭНЕРГИИ В ГИБРИДНЫХ
ПОРИСТЫХ СТРУКТУРАХ**

Работа выполнена в рамках темы НИР № 621317 «Фундаментальные и прикладные вопросы фотоники».

Ключевые слова

Плазмонный резонанс, анодированный алюминий, тонкие пленки, люминесцентный сенсор, усиление люминесценции.

Цели и задачи

В настоящее время активно развиваются исследования наноструктур, оптические свойства которых позволяют применять их в качестве покрытий для экранов мониторов и панелей солнечных батарей, а также в сенсорах для *in vitro* диагностики заболеваний в биомедицине [1]. В последнее время для этих целей всё чаще применяются наноструктуры на основе пленок анодного оксида алюминия и плазмонных наночастиц, где структура анодного оксида алюминия используется как в качестве матрицы для различных квантовых излучателей, так и в качестве дополнительного усилителя оптических полей наряду с плазмонными наночастицами. Общепринятый метод получения матрицы оксида алюминия требует длительной подготовки алюминиевой заготовки и не менее длительного процесса анодирования. Кроме того, вследствие отсутствия разделительного слоя между аналитом и плазмонными наноструктурами, происходит тушение люминесценции размещенных в матрице квантовых излучателей, что затрудняет внедрение и использование гибридных пористых структур в качестве сенсоров с люминесцентным откликом [2].

Целью данного исследования является получение гибридной пористой структуры на основе анодного оксида алюминия и островковой пленки серебра для усиления люминесценции органических красителей и других квантовых систем. Оксид алюминия в данной системе не только получается за несколько минут, не требуя при этом никаких длительных подготовительных процессов, но и выступает в качестве разделительного слоя между плазмонными структурами и красителем, предотвращая тушение и дополнительно

усиливая люминесцентный отклик за счет дистанцирования от плазмонных наноструктур и за счет процесса переноса энергии от люминесцентных центров оксида к красителю.

Для достижения указанной выше цели были поставлены и решены следующие задачи:

1. Изучить литературу.
2. Получить пористую гибридную наноструктуру на основе островковой пленки серебра и сплошной пленки алюминия, а также тонкую пленку алюминия без серебра, анодировать обе структуры в щавелевой кислоте при различных температурах и изучить их оптические свойства, а именно: поглощение, отражение и люминесценцию на различных этапах создания.
3. Изучить влияние условий анодирования на люминесцентные характеристики оксидных нанопористых пленок и гибридных пористых структур, а именно, на интенсивность и кинетику затухания люминесценции.
4. Провести аналогичные исследования для пористой гибридной наноструктуры и оксидной пленки с красителем.

Основная часть (методология, результаты)

Стеклянные подложки размером 26×76 мм² были очищены в смеси «Пиранья» (H_2O_2 : $3\text{H}_2\text{SO}_4$), а после – промыты деионизованной водой и этанолом. Затем очищенные подложки были помещены в вакуумную камеру PVD-75 (Kurt J. Lesker, США), где на них напылялась пленка серебра эквивалентной толщины 15 нм. Испарение производилось методом резистивного нагрева серебра, а толщина и скорость контролировались резонансно-частотным методом. Затем подложки извлекались из вакуумной камеры и отжигались на воздухе при температуре 250°C. Полученные подложки, вместе с очищенными затем помещались в вакуумную камеру, где на них наносилась пленка алюминия эквивалентной толщины 160 нм. Испарение алюминия производилось бомбардировкой электронами с энергией до 10 кэВ. До и после напыления регистрировались спектры отражения подложек.

После напыления подложки были подвергнуты анодированию при помощи самодельной установки, представленной на рисунке 1.

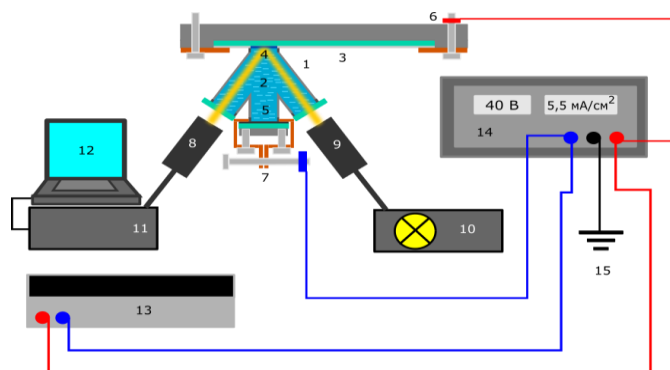


Рис. 1. Схема электрохимической ячейки со спектральным контролем: 1 - Корпус ячейки с изоляционными прокладками; 2- Рабочее пространство с электролитом; 3 – Образец; 4 – Анодируемая зона образца; 5 – Графитовый катод; 6 – Медный электрод; 7 – Корпус катода; 8 – Детектор; 9 – Волоконный вывод лампы; 10 – Лампа; 11 – Блок спектрометра; 12 – Компьютер; 13 - Лабораторный мультиметр; 14 – Лабораторный блок питания; 15 – Заземление

В процессе анодирования используется электролит при различных температурах. Температура электролита в случае от 0°C до –5°C поддерживается при помощи ледяной бани. В иных случаях, при помощи печи со встроенной термопарой. Всего было использовано

несколько температурных режимов при анодировании: 0-5°C и 40°C. Максимальное напряжение на источнике в процессе анодирования было 40 В и контролировалось при помощи лабораторного мультиметра АВМ-4403 (Aktakom-Iwatsu, Япония). Во время анодирования спектры отражения регистрировались при помощи мультicanaльного волоконного спектрометра РМА-12 (Hamamatsu, Япония).

После анодирования часть образцов пропитывалась раствором красителя Родамин 6Ж в этаноле концентрацией $2 \times 10^{-4} \text{M}$ при 60°C в течение суток. Далее регистрировались спектры люминесценции и кинетика затухания оксида алюминия и гибридных пористых структур.

Результаты

Спектры отражения, полученные в процессе анодирования оксида алюминия и гибридных пористых структур, представлены на рисунке 2.

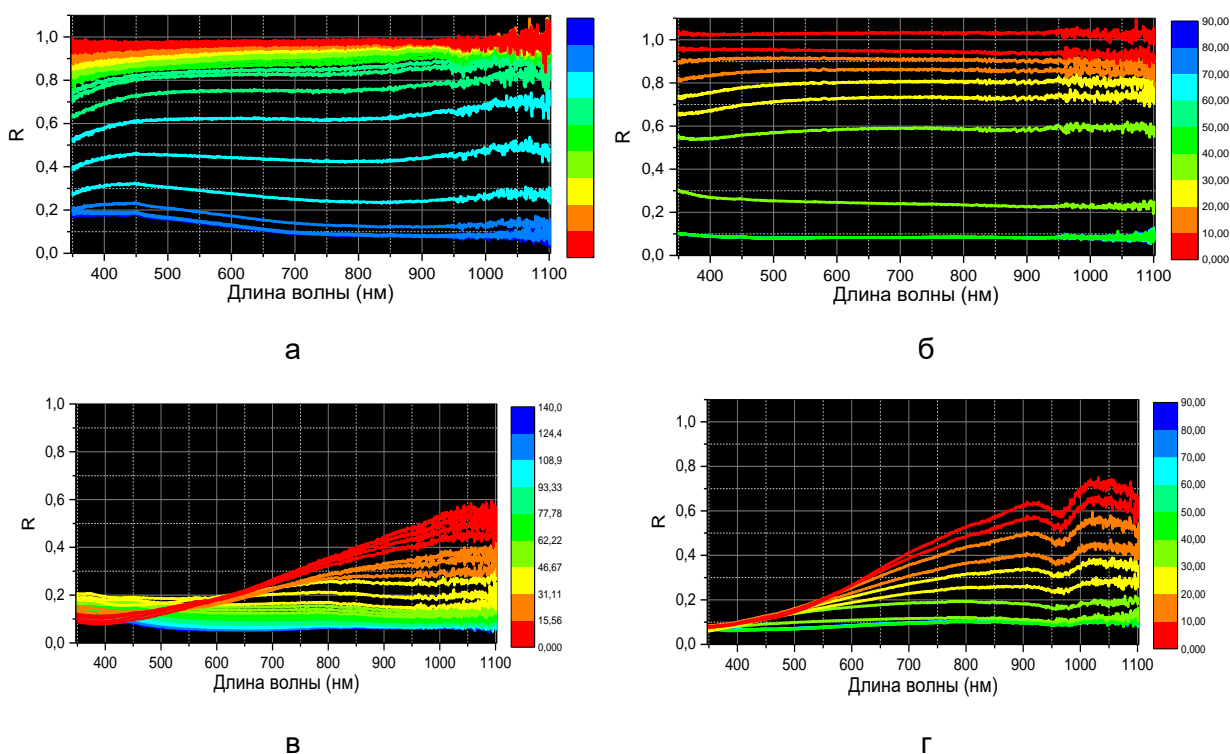


Рис. 2. Спектры отражения оксида алюминия, анодированного при 5°C (а) и при 40°C (б), а также гибридной пористой структуры, анодированной при 5°C (в) и при 40°C (г), полученные на многоканальном спектрометре, полученные с интервалом 5 с. Время обозначено цветовым кодом

При температуре электролита 40°C анодирование происходит быстрее, что связано с ускорением реакций окисления и растворения оксида алюминия [3]. Ускорение реакции окисления также влияет на люминесцентные характеристики структуры, которые описаны ниже. Спектры люминесценции оксида алюминия и гибридных структур без красителя и с красителем представлены на рисунке 3.

При увеличении температуры электролита при анодировании интенсивность люминесценции оксида алюминия возрастает. Как известно, реакция окисления связана с миграцией ионов между электролитом и анодируемой металлической пленкой. Ускорение реакции окисления ведет и к ускорению миграции ионов, что ведет к образованию большего количества люминесцентных центров, что, в свою очередь, ведет к увеличению интенсивности люминесценции оксида алюминия как на стекле, так и на поверхности плазмонных структур

[4]. При добавлении красителя люминесценция анодного оксида алюминия тушится, а красителя – усиливается, что является признаком ферстеровского резонансного переноса энергии и отражается не только на спектрах люминесценции, но и на ее кинетике затухания, которая представлена на рисунке 4.

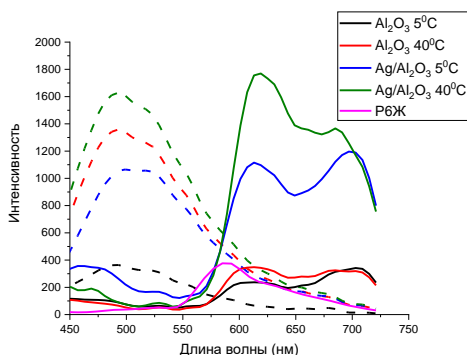


Рис. 3. Спектры люминесценции оксида алюминия и гибридных структур без красителя (штриховые линии) и с красителем (сплошные линии). Длина волны возбуждения: 405 нм, Объектив: FLUAR 20x 0.75NA, Плотность мощности: 8.31 мВт/см²

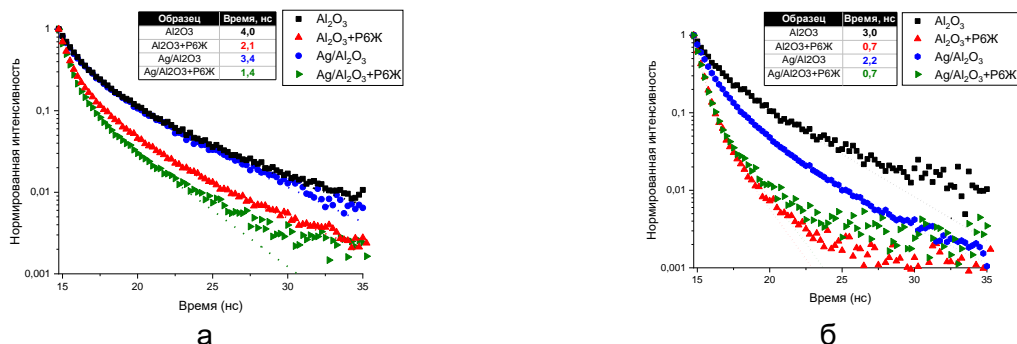


Рис. 4. Кинетика затухания люминесценции анодного оксида алюминия при анодировании в электролите температурой 5°C (а) и 40°C (б)

Уменьшение времен жизни люминесценции анодного оксида в присутствии плазмонных наночастиц объясняется ускорением излучательных переходов люминесцентных центров оксида алюминия под действием полей плазмонных наночастиц, что также ведет к увеличению интенсивности их люминесценции. При добавлении красителя происходит дополнительное уменьшение времен затухания, что является еще одним признаком ферстеровского резонансного переноса энергии, который ведет к усилению люминесценции красителя [5].

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В рамках работы была получена гибридная пористая структура на основе анодного оксида алюминия и плазмонных наночастиц, в которой наблюдалось усиление люминесценции красителя Родамина 6Ж, за который ответственен ферстеровский резонансный перенос энергии, идентифицируемый по тушению люминесценции оксида алюминия, разгоранию люминесценции красителя и уменьшению времен жизни люминесценции оксида алюминия. В присутствии плазмонных наночастиц люминесценция анодного оксида алюминия и эффективность переноса энергии увеличиваются. Несмотря на усиление, люминесцентный отклик структуры остается слабым и для его детектирования необходимо дорогостоящее оборудование. Чтобы увеличить интенсивность излучения оксида

алюминия, его можно дополнительно термически обработать для создания дополнительных люминесцентных центров. Также может быть полезно внедрение ионов редкоземельных металлов, например эрбия или иттербия, для дополнительного увеличения интенсивности люминесценции матрицы. Необходимо также далее развивать методику анодирования тонких пленок алюминия для увеличения воспроизводимости получаемых результатов. Перечисленные выше меры приблизят этап внедрения гибридной пористой структуры на практике.

Список использованных источников

1. Kondo T. et al. Anisotropic Plasmonic Property of Al Nanowires Obtained by AC Electrodeposition Using Anodic Porous Alumina Template // *J. Phys. Chem. C.* – 2023. – Vol. 127. – №. 44. – Pp. 21629–21634.
2. Yoonsu B. et al. Cost-Effective and High-Throughput Plasmonic Interference Coupled Nanostructures by Using Quasi-Uniform Anodic Aluminum Oxide // *Coatings.* – 2019. – Vol. 9. – №. 420. – Pp. 1–11.
3. Мирзоев Р.А., Давыдов А.Д. Анодные процессы электрохимической обработки металлов. 4-е изд. / ред. Плесков Ю.В. Санкт-Петербург, Москва, Краснодар: Лань, 2022. – 440 с.
4. Gasenkova I.V. et al. Effect of heat treatment in vacuum on photoluminescence of anodic alumina // *Luminescence.* – 2019. – Vol. 34. – №. 5. – Pp. 520–525.
5. Ермолаев В.Л., Свешникова Е.Б., Бодунов Е.Н. Индуктивно-резонансный механизм безызлучательных переходов в ионах и молекулах в конденсированной фазе // *Успехи Физических Наук.* – 1996. – Вып. 166. – №. 3. – С. 279–302.

Выпускник

Новиченко Александр Андреевич

факультет биотехнологий

e-mail: 265274@niuitmo.ru

Научный руководитель

Иванова Вера Анатольевна

к.т.н., доцент, ведущий научный сотрудник факультета биотехнологий

e-mail: vaivanova@itmo.ru

УДК 664.66

**ИССЛЕДОВАНИЕ ФЕРМЕНТАТИВНОЙ АКТИВНОСТИ ДРОЖЖЕЙ
WICKERHAMOMYCES ANOMALUS (CBS S605T) И ИХ
АНТАГОНИСТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ В ОТНОШЕНИИ BACILLUS
SUBTILIS SUBSP. SUBTILIS (B-9865) / STUDY OF FERMENTABILITY OF
WICKERHAMOMYCES ANOMALUS (CBS S605T) YEAST AND ITS
ANTAGONISTIC ACTIVITY AGAINST BACILLUS SUBTILIS SUBSP.
SUBTILIS (B-9865)**

Работа выполнена в рамках гранта РФФИ № 23-26-00134 «Разработка микробных заквасок с целью расширения ассортимента хлебобулочных изделий из нетрадиционных видов муки».

Ключевые слова

Wickerhamomyces anomalus, *Bacillus subtilis*, антагонистическая активность, картофельная болезнь, хлеб, альтернативные дрожжи.

Цели и задачи

Исследовать морфологические свойства дрожжей *Wickerhamomyces anomalus* (CBS S605T), их устойчивость к различным негативным воздействиям, наблюдаемым в задачах хлебопечения, ассимиляцию ключевых углеводов, бродильную активность в пшеничном тесте, показатели качества хлебобулочных изделий, произведённых с их использованием, а также их антагонистическую активность в отношении бактерий *Bacillus subtilis* *in vitro* и *in situ*.

Картофельная болезнь хлеба – один из распространённых типов микробиологической порчи хлебобулочных изделий, вызываемый рядом бактерий, в первую очередь представителями рода *Bacillus*, в частности, *Bacillus subtilis*. Споры данных бактерий присутствуют в почве, откуда они могут попадать на зёрна пшеницы и других зерновых культур, и в дальнейшем становиться частью микрофлоры муки. Споры *B. subtilis* способны легко передаваться по воздуху, через оборудование и рабочие поверхности, трубопроводы, фильтры, резервуары с водой, конвейерные ленты. Существующие методы борьбы с картофельной болезнью включают, с одной стороны, регулярную обработку рабочих помещений, с другой – подкисление теста при помощи пищевых кислот, в первую очередь

аскорбиновой, или внесения заквасок [1]. Однако применение данных методов сопряжено с дополнительными затратами или рисками, и может быть неприменимо в некоторых условиях. Использование дрожжей, обладающих достаточной бродильной активностью и одновременно высокой антагонистической активностью в отношении *Bacillus subtilis*, позволит гарантированно предотвратить развитие картофельной болезни хлеба при участии данных бактерий без необходимости внесения дополнительных компонентов или существенных изменений в технологический процесс хлебопекарного производства.

Основная часть (методология, результаты)

В качестве опытного организма были испытаны дрожжи вида *Wickerhamomyces anomalus*, штамм CBS S605T, ранее полученные на базе Университета ИТМО. В качестве контрольного организма использовались дрожжи *Saccharomyces cerevisiae* «Люкс» (ООО «Саф-Нева»). Дополнительно при рассмотрении антагонистической активности применялся штамм *Saccharomyces cerevisiae* var. *boulardii* RCAM 01730, антагонистическая активность которого в отношении *Bacillus subtilis* была изучена ранее [2].

Морфологические свойства изучали методами микроскопии и анализа колоний. Анализ показал, что *Wickerhamomyces anomalus* CBS S605T представляют собой яйцевидные клетки длиной 5–7 мкм, с однополярным почкованием, преимущественно одиночные. Формируемые колонии круглые, гладкие, сильно выпуклые; по цвету белые со слабым кремовым оттенком; по консистенции мягкие.

Анализ устойчивости к различным условиям культивирования проводили путём посева двухдневных дрожжевых культур в количестве 0,1 мл на чашки Петри с модифицированными средами, приготовленными как описано ниже. Для оценки кислотоустойчивости серную кислоту концентрацией 6 моль/л добавляли к расплавленной модифицированной среде YPD (1 г/100 мл дрожжевого экстракта, 2 г/100мл пептона, 4 г/100мл агара) непосредственно в чашках Петри в количествах 0,02 мл/25 мл и 0,2 мл/25 мл. Количество агара в модифицированной среде было увеличено в два раза относительно стандартной технологии в целях компенсации влияния повышенной кислотности на свойства агара. Для анализа осмоустойчивости глицерин смешивали с YPD средой (1 г/100 мл дрожжевого экстракта, 2 г/100 мл пептона, 2 г /100 мл агара) перед заполнением чашек Петри до объёмной концентрации в 2,5%; 5%; 10%; 15%. Для анализа устойчивости к воздействию этанола, этанол смешивали с YPD средой до объёмной концентрации 4%; 6%; 8%; 10%; 12%; 16%. Все чашки с модифицированными средами термостатировали при температуре +26°C 72 часа. В качестве контроля использовали чашки со стандартной агаризованной YPD средой. Кроме того, проводили оценку возможности роста исследуемых штаммов дрожжей при различных температурах; для этого были сделаны посевы на стандартную агаризованную YPD среду. Посевы культивировали 72 часа при температурах +4°C; +15°C; +25°C; +30°C; +35°C. Результаты анализа представлены в таблице.

Ассимиляцию углеводов изучали при помощи модифицированного метода Варбурга [3]. По результатам исследования показано, что опытный штамм способен ассимилировать глюкозу, фруктозу, сахарозу, а также мальтозу, но с меньшей скоростью по сравнению с контрольным.

Для проведения следующих исследований накопление биомассы вели путем трёхстадийного периодического культивирования при температуре +30°C исследуемых штаммов дрожжей на сусле с концентрацией сухих веществ 12 г/100 мл. Итоговое отделение биомассы проводили методом двустадийного центрифугирования с промывкой при 4500 об/мин (4573g) и последующей вакуумной фильтрацией для дополнительного осушения образцов. Влажность полученных образцов биомассы была измерена и учтена на следующих

этапах исследования. Биомассу собирали в стерильный контейнер, хранили не более 16 часов при +4°C до дальнейшего использования.

Таблица. Результаты анализа устойчивости штаммов к различным условиям культивирования

		<i>Wickerhamomyces anomalus</i> CBS S605T		<i>Saccharomyces cerevisiae</i> "Luxe"	
		48 ч	72 ч	48 ч	72 ч
Температура	+4°C	-	-	-	-
	+15°C	+	+	-	-
	+25°C	++	++	++	++
	+30°C	++	++	++	++
	+35°C	++	++	++	++
Серная кислота	0,2 мл 6М H ₂ SO ₄	-	+	-	-
	0,02 мл 6М H ₂ SO ₄	+	+	+	+
Глицерин	2,5%	++	++	+	+
	5,5%	++	++	+	+
	10%	++	++	+	+
	15%	++	++	+	+
Этанол	4%	++	++	+	++
	6%	+	+	+	++
	8%	+	+	+	++
	10%	+	+	+	++
	12%	+	+	+	+
	16%	-	-	+	+

«+++» – рост, сопоставимый с контролем; «++» – рост ингибирован; «-» – рост не наблюдается

С целью определения бродильной активности исследуемых дрожжей в пшеничном тесте использовали метод реоферментометрии. Исследование проводили в соответствии с рекомендациями завода изготовителя прибора (Chopin F3, KPM Analytics, США) при температуре +28,5°C в течение трех часов под нагрузкой 2 кг. Исследование показало, что время полного формирования пор в тесте, ферментируемом дрожжами *Wickerhamomyces anomalus* CBS S605T, на 82,6% выше, чем в тесте, ферментируемом контрольным образцом *Saccharomyces cerevisiae*, а общий объём углекислого газа, произведённого за 3 часа, на 29,6% ниже в опытном образце, чем в контрольном.

Для определения соответствия полученных результатов реальному производственному процессу, а также для оценки других характеристик, связанных с применением *Wickerhamomyces anomalus* CBS S605T в качестве биологического разрыхлителя теста, были произведены тестовые выпечки с применением данного штамма дрожжей в качестве опытного образца, а также дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* («Люкс» ООО Саф-Нева») в качестве контроля. Для проведения выпечек использовали 340 г муки высшего сорта, 5 г соли, дрожжевую биомассу опытного/контрольного образца в пересчёте на 1,75 г абсолютно сухой биомассы, а также количество воды, соответствующее влажности муки и исследуемой биомассы дрожжей. Дрожжевую биомассу и соль перед добавлением в чашу миксера суспендировали в небольшом количестве отобранной воды. Замес теста осуществляли на планетарном миксере Teddy AR5 (Varimixer, Дания) при помощи насадки-крюка в течение трех минут при 80 об/мин и 5 минут при 100 об/мин; после замеса тесто накрыли и оставили при +24,1°C (комнатной температуре) в течение одного часа для проведения брожения. После этого от теста отделяли два образца по 250 г каждый, производили обминку, формование, загрузили

в формы и отправляли в расстоечный шкаф. На основании результатов реоферментометрического анализа было решено установить время расстойки образца с *Wickerhamomyces anomalus* CBS S605T на 2 часа, время расстойки образца с контрольным штаммом *Saccharomyces cerevisiae* – на один час при температуре +34°C и влажности воздуха 75%. Выпечку проводили при температуре +210°C в течение 25 минут. Охлаждение вели при комнатной температуре в течение 1,5 часов; для предотвращения резкой потери влаги образцы были накрыты полотенцем. Оценку качества полученных изделий проводили органолептически, а также методами инструментального анализа. Органолептическое исследование показало, что все полученные образцы соответствуют требованиям ГОСТ Р 58233-2018, при этом образцы, полученные с использованием *Wickerhamomyces anomalus* CBS S605T, отличаются выраженным сладким цветочным ароматом. Инструментальный анализ проводили при помощи измерителя объёма, весов и структурометра. Установлено, что образцы имеют сопоставимый объём готовых изделий (объём опытного образца на 5,4% ниже контрольного) и одинаковый упёк, при этом мякиш опытного образца оказался более упругим (на 24% выше упругость при нагрузке 500 г по сравнению с контролем), что положительно сказалось на органолептических свойствах продукта.

На следующем этапе проводили оценку антагонистической активности дрожжей *Wickerhamomyces anomalus* CBS S605T в отношении *Bacillus subtilis* B-9865, бактерии-возбудителя картофельной болезни. *In vitro* исследование проводили методом лунок. 0,1 мл бактериальной суспензии с концентрацией клеток $1,3 \cdot 10^7$ КОЕ/мл засеивали газоном на поверхность агаризованной среды MRS. После 40 минутной экспозиции, на поверхности агара формировали лунки, которые заполняли 0,1 мл двухсуточных культур исследуемых штаммов дрожжей. Культивирование вели при температуре +30°C в течение двое суток. В исследовании рассматривали опытный и контрольный штаммы, а также штамм *Saccharomyces cerevisiae* var. *boulardii* RCAM 01730, который имеет подтвержденную антимикробную активность в отношении возбудителя картофельной болезни [2], в качестве штамма сравнения. По величине зоны ограничения роста бактерий *Bacillus subtilis* B-9865 вокруг лунок (зоны рестрикции) делали заключение об интенсивности антагонистической активности исследуемых штаммов дрожжей. Было обнаружено, что величина зоны рестрикции вокруг лунок с культурой контрольного штамма, в 21 раз превышает величину зоны рестрикции вокруг лунок с культурой контрольного штамма и на 10,5% превышает величину зоны рестрикции вокруг лунок с *Saccharomyces cerevisiae* var. *boulardii* RCAM 01730.

Для проведения *in situ* анализа были изготовлены образцы хлеба с использованием свежей биомассы опытного и контрольного штаммов по технологии, аналогичной тестовой выпечке, с дополнительным внесением 2мл культуры *Bacillus subtilis* B-9865 с концентрацией клеток $5 \cdot 10^7$ КОЕ/мл в рецептуру теста; помимо этого, время расстойки опытного образца составило 1 час, аналогично контрольному, с целью обеспечения равных условий. После охлаждения образцы были помещены в провокационные условия хранения для развития картофельной болезни – температура +35°C и влажность воздуха более 75%. В результате исследования было показано, что первые признаки картофельной болезни в изделиях, произведённых с применением культуры контрольного штамма дрожжей, проявились через 3 суток после начала испытаний, а в изделиях, произведённых с применением культуры опытного штамма – через 4 суток.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В результате проведенных исследований показано, что дрожжевой штамм *Wickerhamomyces anomalus* CBS S605T представлен яйцевидными клетками размером 5-7 мкм, с однополярным почкованием, формирующими круглые, выпуклые, гладкие колонии, мягкие по консистенции.

Исследуемый штамм дрожжей обладает высокой устойчивостью ко всем рассмотренным условиям культивирования (низким температурам, высокой кислотности, повышенному осмотическому давлению), уступая промышленным *Saccharomyces cerevisiae* только в устойчивости к этанолу.

Показано, что дрожжи *W. anomalus* (CBS S605T) способны ассимилировать мальтозу и могут использоваться в качестве разрыхляющего агента в тесте; тем не менее, время развития пористой структуры в образцах, ферментируемых опытной культурой данного штамма, на 82,6% превышает показатели контрольного образца, что указывает на необходимость увеличения времени расстойки.

Образцы хлеба, полученные с применением опытного образца, соответствуют ГОСТ Р 58233-2018. По сравнению с образцами, полученными с применением культуры контрольного штамма, они обладают на 5,4% меньшим объёмом, но на 24% большей упругостью.

Благодаря тому, что опытный образец дрожжей обладает значительно более выраженной антагонистической активностью в отношении *Bacillus subtilis* В-9865 по сравнению с контрольным (в 21 раз), применение *Wickerhamomyces anomalus* CBS S605T в качестве хлебопекарных дрожжей позволяет задержать развитие картофельной болезни в заражённом хлебе (на 1 сутки в провоцирующих условиях при однофазном процессе производства).

Дальнейшие перспективы исследований связаны с оптимизацией условий культивирования *Wickerhamomyces anomalus* CBS S605T с целью улучшения их бродильной активности и достижения максимального проявления антимикробных свойств в отношении *Bacillus subtilis*, а также с исследованием заквасок и смешанных культур, включающих в себя данный организм.

Список использованных источников

1. Pacher N., Burtscher J., Johler S., Etter D., Bender D., Fieseler L., Domig K.J. Ropiness in Bread—A Re-Emerging Spoilage Phenomenon // *Foods*. – 2022. – №. 11(19). – P. 3021.
2. Соболева Е.В. Обоснование использования штамма дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* RCAM 01730 в технологии пшеничного хлеба повышенной микробиологической стойкости. [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.07: защищена: 28.05.2014 утв: 29.05.2014 / Соболева Елена Викторовна. - СПб., 2014. - 142 с. - Библиогр.: С. 114–127.
3. Давыденко С.Г. Создание и применение нового экспресс-метода оценки качества семенных дрожжей // *Пиво и напитки*. – 2012. – №. 5. – С. 20–23.

Выпускник

Орлова Анастасия Андреевна
химико-биологический кластер
e-mail: orlova@scamt-itmo.ru

Научный руководитель

Виноградов Владимир Валентинович
д.х.н., директор, профессор химико-биологического кластера
e-mail: vinogradov@scamt-itmo.ru

УДК 542.06

ИЗУЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ БОЛЬШИХ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ В ЗАДАЧЕ ПРЕДСКАЗАНИЯ ВЫХОДОВ РЕАКЦИЙ

Ключевые слова

Выход реакции, химия, большие языковые модели, эмбединги, искусственный интеллект.

Цели и задачи

Понятие выхода реакции играет ключевую роль в планировании органического синтеза. Оценка выходов позволяет определить количество получаемого продукта, что в свою очередь помогает оптимизировать условия реакций, улучшать методы очистки продуктов и повышать эффективность реакции в целом [1]. За последние десятилетия машинное обучение (МО) достигло значительных успехов в прогнозировании выходов реакций. Основная идея подходов на основе МО состоит в решении задачи регрессии на основе параметров реакций и/или их векторных представлений. Однако, точная оценка выходов все еще остаётся сложной задачей из-за недостатка качественных данных для обучения моделей МО. Например, модели, обученные на результатах высокопроизводительного скрининга определенных классов реакций, обычно показывают отличную точность, но обладают слабой обобщающей способностью. С другой стороны, модели, обученные на данных, содержащих широкий спектр реакций различных типов, более универсальны, однако дают менее точные результаты из-за высокого уровня зашумленности обучающих данных [2].

В последние годы большие языковые модели (БЯМ) начали проникать в различные узкоспециализированные области, в том числе и в химию. В нашем же исследовании была поставлена цель изучить эффективность БЯМ в задаче предсказания выходов без привязки к определенному типу реакции. Мы сформулировали проблему в формате бинарной классификации (реакции с выходом более или равным 70% – высокий выход, менее 70% – низкий выход) и определили следующие задачи: разработка уникальных датасетов, содержащих реакции различных типов; применение метода few-shot классификации; классификация на основе эмбедингов БЯМ; определение оптимального объема обучающих данных для применения метода few-shot классификации; сравнение результатов БЯМ с базовыми подходами.

Основная часть (методология, результаты)

Подготовка датасетов. Публичные датасеты, содержащие реакции различных классов, обычно довольно велики, поэтому чтобы сэкономить время и ресурсы в экспериментах с БЯМ, мы разработали четыре небольших набора данных на основе двух общедоступных баз данных реакций: USPTO [3] и ORD [4]. Для сэмплирования реакций из USPTO и ORD были использованы две методики. Метод случайного сэмплирования использовался для сохранения первоначального уровня шума в итоговых датасетах (таким образом были получены датасеты USPTO-R – 11300 реакций и ORD-R – 5300 реакций), а метод кластеризации позволил создать более структурированные и менее зашумленные датасеты (USPTO-C – 7313 реакций и ORD-C – 9329 реакций). Из каждого датасета 300 реакций были выделены в качестве валидационной выборки и 100 реакций в качестве тестовой выборки.

Few-shot классификация. Few-shot классификация – это задача, в которой большой языковой модели предлагается классифицировать объекты по предопределенным категориям, но с доступом только к ограниченному числу обучающих примеров (shots). Для наших экспериментов мы выбрали три ведущих поставщика БЯМ на рынке, а именно OpenAI, Anthropic и Mistral AI. Мы использовали по две модели от каждого поставщика: более производительную и более доступную по цене. В частности, мы провели эксперименты с GPT-3.5 Turbo, GPT-4, Claude 3 Haiku, Claude 3 Opus, Mistral Small и Mistral Large. Моделям была поставлена задача предсказать категории выходов (высокий или низкий) для реакций из тестовой выборки на основе нескольких примеров из тренировочной выборки. Мы использовали два типа представления реакций (строки SMILES и текстовые описания реакций), а также экспериментировали с количеством обучающих примеров (2, 4, 6, 8, 10) и способами подбора примеров (случайный и основанный на структурной схожести реакций). В результате было выявлено, что текстовый формат данных в сочетании со случайным способом подбора обучающих примеров превысили остальные стратегии на 12% по метрике ассурасу. При этом Mistral Small и Claude 3 Haiku с шестью обучающими примерами показали лучшие результаты среди других моделей.

Классификация на основе эмбедингов БЯМ. В больших языковых моделях эмбединги представляют собой вектора, отражающие семантические и синтаксические отношения между словами. Для получения эмбедингов были использованы модели text-embedding-3-large от OpenAI и Mistral-7B от Mistral AI. Как и в few-shot классификации, мы использовали строки SMILES и текстовые описания реакций в качестве входных данных для получения эмбедингов реакций. Классификация эмбедингов была выполнена с использованием алгоритма XGBoost (XGB). В результате, модели, обученные на эмбедингах текстовых описаний реакций, продемонстрировали значительно лучшую точность по сравнению с эмбедингами, основанными на SMILES. Впечатляющая метрика ассурасу равная 0,71 была достигнута моделью text-embedding-3-large для датасета ORD-R. В попытке найти объяснение этим результатам, мы визуализировали пространство эмбедингов датасета USPTO-R. Мы также визуализировали пространство фингерпринтов (DRFP) [5] – традиционного способа представлений реакций. На рисунке (B) виден четкий градиент от реакций с низким выходом к реакциям с высоким выходом для эмбедингов, в то время как фингерпринты (A) выглядят как случайное облако точек. Таким образом, можно сделать вывод, что эмбединги БЯМ имеют большой потенциал в качестве представлений реакций и вскоре могут заменить фингерпринты.

Сравнение БЯМ с другими подходами. Для сравнения в качестве базовых подходов были выбраны два предобученных трансформера (Yield-BERT и Egret), а также модели XGBoost, которые мы обучали самостоятельно на фингерпринтах реакций. Результаты сравнения представлены в таблице. Примечательно, что трансформеры показали довольно скромную эффективность несмотря на то, что они были предобучены на оригинальном датасете USPTO.

При этом обученные нами модели XGB превзошли трансформеры. Эти результаты свидетельствуют о слабой обобщающей способности традиционных моделей в задаче прогнозирования выхода реакции. Подходы, основанные на использовании БЯМ показали наилучшие результаты по всем датасетам. Самая высокая точность была достигнута моделями XGB, обученными на эмбедингах БЯМ. В частности, мы отметили повышение метрик accuracy и F1 на 12% при использовании эмбедингов БЯМ по сравнению с трансформерами.

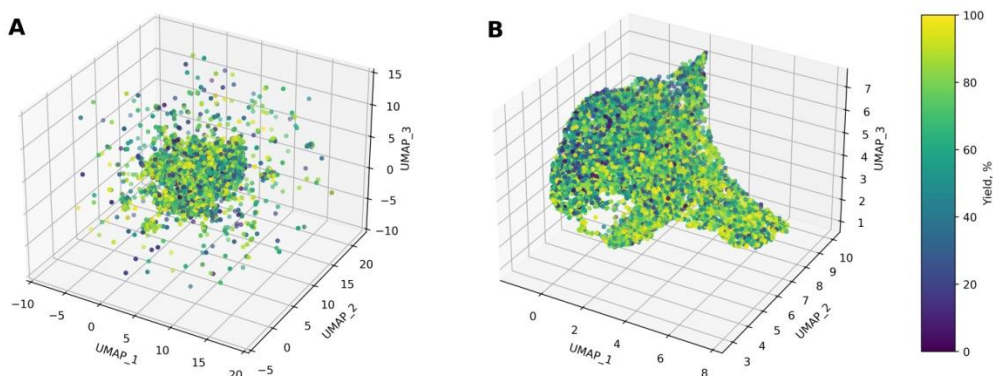


Рисунок. Визуализация представлений реакций: А – фингерпринты DRFP; В – эмбединги модели Mistral-7B, полученные на основе текстовых описаний реакций

Таблица. Сравнение базовых подходов и подходов на основе БЯМ: а) Mistral Small; б) Claude 3 Haiku; в) эмбединги Mistral-7B на основе текстовых описаний реакций; д) эмбединги text-embedding-3-large на основе текстовых описаний реакций

	USPTO-C		USPTO-R		ORD-C		ORD-R	
	Accuracy	F1	Accuracy	F1	Accuracy	F1	Accuracy	F1
Yield-BERT	0.58	0.57	0.61	0.59	0.60	0.60	0.59	0.55
Egret	0.59	0.55	0.51	0.42	0.62	0.61	0.54	0.51
XGB + DRFP	0.67 ± 0.03	0.67 ± 0.03	0.51 ± 0.02	0.53 ± 0.02	0.58 ± 0.02	0.61 ± 0.02	0.69 ± 0.03	0.68 ± 0.03
БЯМ few-shot	0.62 ± 0.02 ^a	0.65 ± 0.07 ^b	0.61 ± 0.02 ^a	0.68 ± 0.03^b	0.51 ± 0.01 ^a	0.65 ± 0.02 ^b	0.53 ± 0.04 ^a	0.57 ± 0.04 ^b
XGB + эмб. БЯМ	0.70 ± 0.02^d	0.68 ± 0.02^d	0.62 ± 0.04^c	0.64 ± 0.05 ^c	0.66 ± 0.02^c	0.71 ± 0.02^c	0.71 ± 0.01^d	0.67 ± 0.01 ^d

Определение оптимального размера обучающей выборки. В то время как, согласно нашим экспериментам, эмбединги БЯМ показали наилучшие результаты, подход few-shot классификации особенно интересен на практике благодаря его высокой точности и простоты использования. Поэтому мы решили дополнительно изучить оптимальный размер обучающей выборки для реализации данного подхода на практике. Для оценки размера обучающей выборки мы использовали датасет USPTO-R и модель Mistral Small. Помимо исходного набора данных USPTO-R, содержащего 10900 тренировочных реакций, мы случайным образом отобрали из него четыре других датасета с 5450, 2725, 1362 и 681 тренировочными реакциями. Тестовая выборка при этом не изменялась. Интуитивно мы обнаружили положительную корреляцию между метриками и размерами обучающей выборки. При этом наилучшая максимальная точность была достигнута при 1362 реакциях, а наилучшая средняя точность – при 2725 реакциях. Таким образом, можно сделать вывод, что объем обучающей выборки может быть сокращен в 8 раз без существенных потерь в точности. Это открытие не только упрощает подготовку обучающих данных, но и значительно сокращает время, необходимое для проведения экспериментов. Удивительно, что снижение некоторых метрик наблюдалось при 5450 реакциях. Появление таких аномалий служит напоминанием о сложности подходов,

основанных на БЯМ. В связи с этим мы настоятельно рекомендуем проводить практически ориентированные эксперименты для каждого отдельного применения, чтобы обеспечить стабильные и качественные предсказания.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В данной работе была исследована эффективность шести современных БЯМ в области предсказания выходов реакций с использованием подхода few-shot классификации. Для этого мы разработали четыре датасета и провели сравнительный анализ подходов, основанных на БЯМ, с несколькими базовыми моделями. Мы продемонстрировали конкурентноспособные возможности БЯМ со средним значением accuracy равным 0,61. Более того, мы показали, что few-shot классификация превосходит базовые модели по метрике F1 на 9%.

Мы первыми в этой области попробовали предсказать выходы реакций на основе эмбедингов БЯМ. Мы продемонстрировали увеличение метрик accuracy и F1 до 10% по сравнению с базовыми подходами. Основываясь на наших эмпирических результатах, мы выдвигаем гипотезу о том, что эмбединги БЯМ могут стать новыми современными представлениями химических реакций.

Кроме того, мы привели практические рекомендации по использованию БЯМ и определили оптимальный размер тренировочной выборки, необходимый для достижения высоких результатов в подходе few-shot классификации. Это открытие может быть особенно полезно химикам, которые хотят предсказывать выходы реакций с помощью БЯМ основываясь на своих собственных экспериментальных данных.

Из полученных нами результатов вытекает несколько направлений для будущих исследований. Одним из направлений будущей работы является дообучение БЯМ. Такой метод мог бы обеспечить более глубокое понимание возможностей БЯМ в задаче предсказания выходов. Еще одним многообещающим направлением для будущих исследований является интерпретация ответов БЯМ и их эмбедингов. Было бы интересно разобраться в аспектах, имеющих ключевое значение для принятия решений моделями. Прогнозирование выходов реакций на основе полного описания процедур синтеза представляет собой еще одно перспективное направление. Поскольку тексты, содержащие описание операций синтеза, обычно включают в себя дополнительные условия реакций, такие как температура, используемые сосуды, время реакции и др., ожидается, что в этом случае БЯМ смогут достигнуть более высокой точности.

Список использованных источников

1. Carlson R., Carlson J.E. Design and optimization in organic synthesis. – Elsevier, 2005.
2. Schwaller P. et al. Prediction of chemical reaction yields using deep learning // Machine learning: science and technology. – 2021. – Т. 2. – №. 1. – P. 015016.
3. Schwaller P. et al. “Found in Translation”: predicting outcomes of complex organic chemistry reactions using neural sequence-to-sequence models // Chemical science. – 2018. – Т. 9. – №. 28. – Pp. 6091–6098.
4. Kearnes S.M. et al. The open reaction database // Journal of the American Chemical Society. – 2021. – Т. 143. – №. 45. – Pp. 18820–18826.
5. Probst D., Schwaller P., Reymond J.L. Reaction classification and yield prediction using the differential reaction fingerprint DRFP // Digital discovery. – 2022. – Т. 1. – №. 2. – Pp. 91–97.

Выпускник

Пелагейкина Анна Олеговна

образовательный центр Энергоэффективные инженерные системы

e-mail: apelag@niuitmo.ru

Научный руководитель

Пилипенко Николай Васильевич

д.т.н., профессор, доцент образовательного центра Энергоэффективные инженерные системы

e-mail: nvpilipenko@itmo.ru

УДК 536.2

ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ И НАНОСТРУКТУР ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С ПРОТОНПРОВОДЯЩЕЙ МЕМБРАНОЙ

Ключевые слова

Топливный элемент, теплофизические характеристики, графит, электродный материал, дифференциальная сканирующая калориметрия.

Цели и задачи

Цель работы – получить экспериментальные данные по теплофизическим свойствам электродных материалов, провести моделирование тепловых потоков в электродах топливного элемента, сформулировать рекомендации по возможности увеличения рабочей температуры.

Исходя из поставленной цели решались следующие задачи:

1. Провести анализ литературных данных по тематике исследования.
2. Разработать методику измерения теплофизических характеристик материалов методом Дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК).
3. Определить теплофизические характеристики для материалов, входящих в состав электрода, включающих: размолотый спектральный графит, терморасширенный графит (ТРГ), углеродные нанотрубки (УНТ) Таунит-MD.
4. Провести оценку пригодности разработанной методики для исследуемых образцов.
5. Провести моделирование тепловых потоков в толще электродов и на границе с мембраной.

Основная часть (методология, результаты)

Тепло в ТЭ с протонпроводящей мембраной выделяется в толще электродов в результате электрохимической реакции и отводится во внешнюю среду через газодиффузионные слои, могут иметь место локальные перегревы в электродном слое. Для предотвращения перегрева необходимо эффективно отводить выделяющееся тепло. В связи с этим, актуальным является

исследование теплофизических свойств материалов, структур и компонентов мембранно-электродных блоков (МЭБ), поиск и создание материалов с высокими тепло- и температуропроводностью, обеспечивающих эффективный теплоотвод в процессе функционирования ТЭ.

В ходе данной работы были выполнены методические исследования и разработана методика измерения теплофизических характеристик материалов методом ДСК. Методика включает в себя комбинирование методов, приведенных в [1, 2], не требует проведения параллельного эксперимента. Разработанная методика позволяет в ускоренном режиме определить характеристики новых материалов, используемых в ТЭ, для последующей оценки путем моделирования системы анод-мембрана. Исследованы теплофизические характеристики различных углеродных наноструктурированных материалов: графита, УНТ, ТРГ. Изготовлены образцы электродных материалов и МЭБ с различной долей ТРГ (35%, 46%, 56%). Проведен анализ электрических характеристик исследуемых образцов МЭБ и определен состав, показывающий наилучшие характеристики; для выбранного образца получены теплофизические характеристики по разработанной методике. Рассчитанная теплопроводность исследуемых материалов приведена в таблице.

Таблица. Теплопроводность исследуемых материалов

Образец	Теплопроводность λ_0 , Вт/(м · К)
Графит	0,3742
ТРГ	0,2876
УНТ	Низкая насыпная плотность, недостаточная чувствительность прибора
Электродный материал (46% ТРГ, 24% Nafion, 30% Pt/C (40% Pt))	0,0285

Порядок значений, полученных для электродного материала, коррелирует с литературными данными [3].

Проведено моделирование тепловых потоков в толще электродов и на границе с мембраной. Для сравнения моделировался слой из чистого ТРГ, значения для которого также получены экспериментальным путем. Моделирование проведено на небольшом участке соприкосновения электродного слоя с мембраной, модель имитирует канал в слое с анодной стороны МЭБ, по которому подаваемый водород движется через электродный слой и мембрану. На рисунке представлены результаты моделирования.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

На основании полученных данных (теплофизические характеристики) выдвинуты рекомендации к разработанной методике ДСК: 1. Для измерений легких материалов, представленных в данной работе, требуется увеличить диаметр тигля с целью увеличения массы навески, заполняющей 0,4 и 3,5 мм высоты тигля. 2. Необходимо отдельное внимание уделить системе прижима образца ко дну тигля. В особенности в случае измерений объемных образцов с низкой насыпной плотностью, которые в тигле будут сформированы в виде нескольких слоев (с более плотным слоем у дна тигля). 3. Необходимо определить минимальный порог массы образца для получения полного набора данных

Для определения оптимального состава электродного материала были изготовлены МЭБ, которые использовались для получения вольтамперограмм, которые показали, что оптимальным является состав с долей ТРГ – 46%.

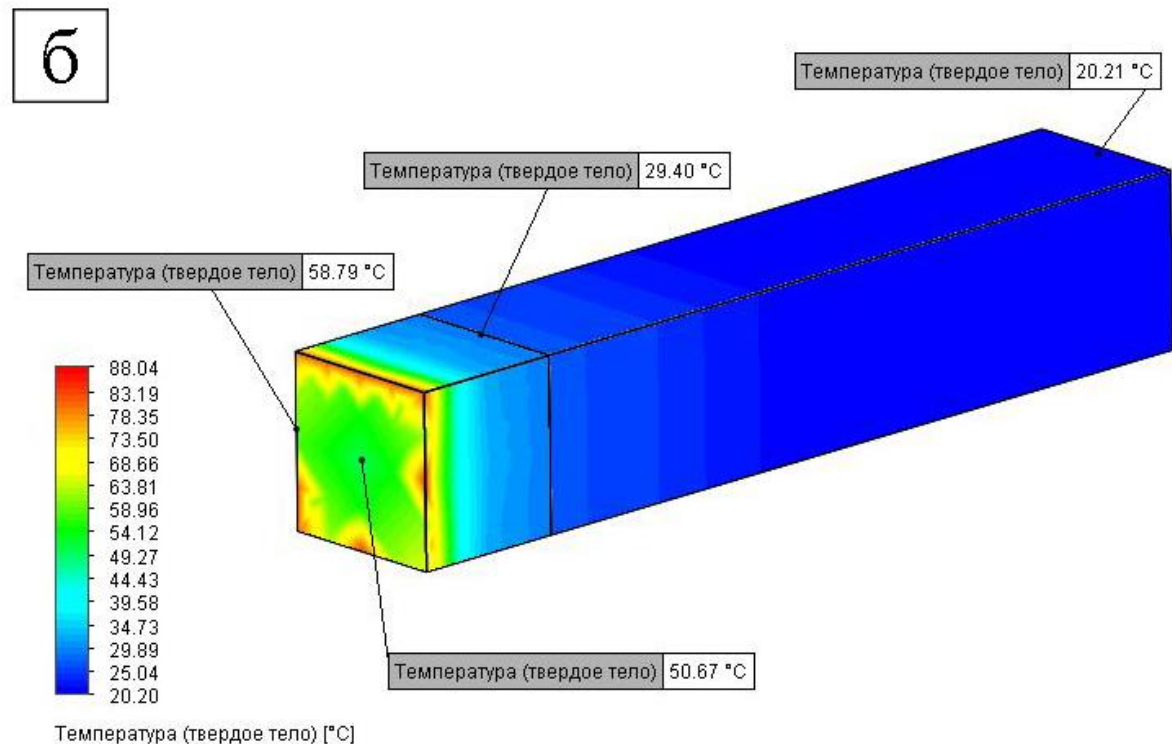
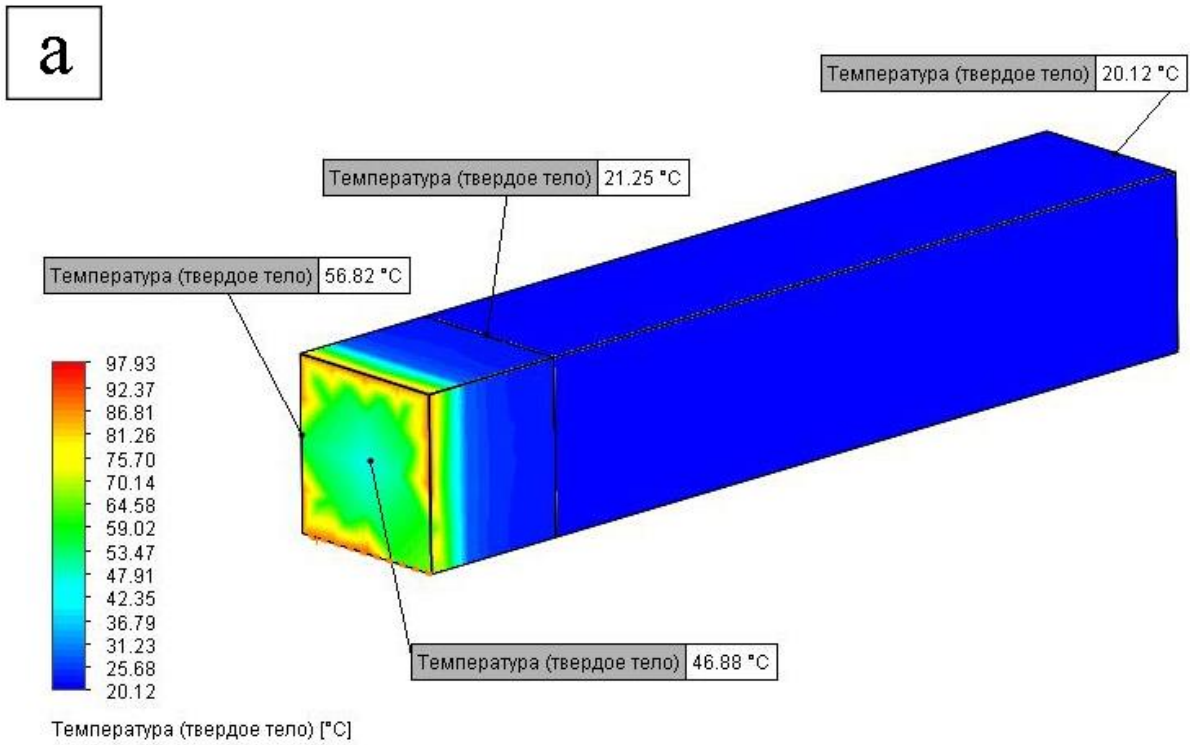


Рисунок. Температурная картина на поверхности при температуре подаваемого водорода – 100°C: (а) электродный материал и мембрана, (б) ТРГ и мембрана

На основании результатов моделирования участка соприкосновения электродного слоя и чистого ТРГ с мембраной с анодной стороны сформулированы следующие рекомендации:

1. При изготовлении электродов с добавкой ТРГ необходимо учитывать, что в результате большей теплопроводности материала электрода мембрана становится более уязвимой к повышению температуры.
2. При изготовлении МЭБ с добавкой ТРГ необходимо рассчитывать работу на меньшие мощности; такие устройства могут быть использованы при более низких температурах

для питания маломощной техники, и, соответственно, при более высоком КПД. Это будет обеспечено при выборе рабочей точки на вольтамперной характеристике ТЭ ближе к напряжению разомкнутой цепи.

3. Для увеличения рабочей температуры при использовании ТРГ необходимо применять два технических решения: увеличить активное охлаждение, использовать более термостойкие протонпроводящие полимеры в составе МЭБ.

Полученные результаты могут найти практическое применение при создании и оценке новых электродных материалов ТЭ. Эти материалы могут быть использованы при проектировании и разработке маломощных экологически чистых преобразователей энергии.

Направлением продолжения исследования влияния добавок может быть получение теплофизических характеристик стандартного электродного слоя без добавок и последующее моделирование для сравнения с образцами, содержащими ТРГ и УНТ в различных пропорциях, а также другие добавки, которые не были рассмотрены в этой работе.

Список использованных источников

1. ГОСТ Р 57830-2017. Определение теплопроводности и температуропроводности методом дифференциальной сканирующей калориметрии с температурной модуляцией. – Москва: Стандартинформ, 2019. – 11 с.
2. Specific Heat Capacity Measurement. Principles and Techniques for Accurate Specific Heat Capacity Determination by Differential Scanning Calorimetry. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.mt.com/sg/en/home/applications/Application_Browse_Laboratory_Analytics/Application_Browse_thermal_analysis/specific-heat-capacity-measurement.html (дата обращения: 23.11.2023).
3. Burheim O.S., Su H., Hauge H.H., Pasupathi S., Pollet B.G. Study of thermal conductivity of PEM fuel cell catalyst layers // Int. J. Hydrogen Energy. – 2014. – Vol. 39(17). – Pp. 9397–9408.

Выпускник

Рудакова Мария Дмитриевна

научно-образовательный центр Инфохимии

e-mail: rudakova@itmo.ru

Научный руководитель

Мешков Алексей Викторович

к.т.н., научный сотрудник научно-образовательного центра Инфохимии

e-mail: avmeshkov@itmo.ru

УДК 004.85

РАЗРАБОТКА МЕТОДА АВТОМАТИЗАЦИИ ЭЛЕКТРООРГАНИЧЕСКОГО СИНТЕЗА

Ключевые слова

Автоматизация лабораторных исследований, электроорганический синтез, электрокатализ, роботизация, машинное обучение.

Цели и задачи

Электроорганический синтез на основе переменного тока является активно развивающимся направлением современной электрохимии. Этот метод по сравнению со своими аналогами демонстрирует повышенную эффективность в проведении ОВР [1]. Использование соединений никеля в качестве катализаторов может значительно упростить и удешевить процесс синтеза [2]. Однако на сегодняшний день механизмы никель-катализируемых реакций не в полной мере изучены. Традиционный подход к поиску оптимальных условий экспериментальным путем занимает значительное время. Автоматизация процесса подбора условий позволит существенно сократить время на оптимизацию и исследование механизмов.

Целью данной работы является разработка метода автоматизации электроорганического синтеза на основе никелевых катализаторов и переменного тока, что включает в себя роботизацию исследования, а также автоматизацию процесса обработки данных с помощью методов машинного обучения. Для достижения поставленной цели необходимо реализовать следующие задачи: 1. Рассмотреть существующие способы автоматизации лабораторных исследований и выбрать наиболее эффективный метод для достижения поставленной цели. 2. Исходя из методики электроорганического синтеза выделить основные операции, требующие автоматизации и разработать необходимые вспомогательные устройства. 3. Интегрировать роботизированный комплекс в процесс синтеза. 4. Сформировать базу данных для последующего машинного обучения, осуществить статистическую обработку данных. 5. Протестировать методы регрессионного анализа и выбрать наиболее эффективный для прогнозирования выхода электрокаталитических реакций. 6. Исследовать влияние параметров реакции на выход и предложить способ практического использования модели машинного обучения.

Основная часть (методология, результаты)

Существующие подходы к автоматизации лабораторных исследований можно разделить на две большие группы: автоматизация микрореакторов за счёт использования трубок и насосов и автоматизация с использованием роботов-манипуляторов. Первый подход позволяет безопасно проводить реакции в очень жёстких условиях, однако широкое внедрение затруднено из-за разнообразия операций и требуемых измерений [3]. Автоматизация с использованием роботов манипуляторов дает большее разнообразие возможных для автоматизации исследований: позволяет переносить вещество вне потока и работать с твёрдыми реагентами, а также взаимодействовать с химическим оборудованием без изменения его конструкции [4]. Роботы манипуляторы, закрепленные на подвижной платформе, называются мобильные роботы. Они способны автономно перемещаться по лаборатории, обеспечивая ее многозадачность, так как могут работать сразу на нескольких станциях [5]. Учитывая, что электрокатализ – это один из процессов будущей роботизированной лаборатории, использование мобильного робота является эффективным методом для достижения поставленных целей.

Исходя из методики электрокатализа были выделены операции, требующие автоматизации. Для того, чтобы робот смог выполнять некоторые из этих операций, было необходимо разработать ряд вспомогательных устройств. Для откручивания и закручивания крышек на банках с реактивами было разработано зажимное устройство, которое удерживает банку на столе, в то время как манипулятор с помощью электромеханического схвата откручивает крышку. Было разработано устройство для поднятия и опускания крышки с электродами, т. к. во время добавления реагентов в реакционную смесь схват робота занят дозатором, а также магнитная мешалка со специальным углублением для большей устойчивости виалы.

Таким образом, роботизированный комплекс, включающий в себя разработанные вспомогательные устройства и мобильного робота KMR iiwa, может быть интегрирован в процесс электроорганического синтеза. Для позиционирования робота у рабочих станций, а также идентификации химической посуды и оборудования, используется техническое зрение.

Для разработки метода автоматизации процесса обработки данных экспериментальные результаты электрокатализа были собраны в таблицу, состоящую из 15 столбцов и 100 строк. После формирования исходного датасета проводилась предобработка данных. Были удалены реакции, в которых в качестве реагентов использовались гидрохлориды и нерастворимые основания, поскольку они отличаются механизмом протекания. Удалены некоторые нерелевантные столбцы (например, количество электролита, которое практически не влияет на выход реакции) и строчки (например, единственная строчка с другим катализатором). Использовали стандартные методы кодирования категориальных данных: Label Encoding и One Hot Encoder, однако простое кодирование не позволило получить надежные для моделирования данные. Для того, чтобы заменить категориальные значения, при этом численно описать химические свойства и структуру молекул были использованы квантово-химические величины, рассчитанные по теории функционала плотности.

Было построено несколько регрессионных моделей, базирующихся на библиотеке Scikit-Learn. В результате наиболее эффективной себя показала модель градиентного бустинга. Концепцию построения модели машинного обучения можно описать следующим образом. Машина получает на вход экспериментальные данные электрокатализа – названия используемых в реакциях молекул: реагентов, катализатора, лиганда, растворителя, электролита, основания и параметры реакции: температура, тип тока, частота, время, количество лиганда и основания, а также квантово-химические величины, рассчитанные по теории функционала плотности (DFT): энергия HOMO, энергия LUMO и дипольный момент

для каждой молекулы, встречающейся в датасете. В результате итеративного обучения деревьев решений с целью минимизации функции потерь, когда каждая следующая модель учится на ошибках предыдущей, полученная модель машинного обучения способна эффективно предсказывать ЯМР выход реакции, а также оптимальные условия проведения синтеза.

Для удобства определения оптимальных условий было разработано веб-приложение. Его можно использовать как для реакций с уже встречающимися в базе данных реагентами, для этого просто выбрать их из выпадающего списка, так и для новых пар субстратов с помощью ввода DFT-параметров в соответствующие поля. В результате оптимизации мы получаем условия синтеза для пары реагентов, при которых выход реакции будет наибольший.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В результате был разработан метод роботизации электроорганического синтеза: рассмотрена методика проведения эксперимента, выделены основные операции, требующие автоматизации, разработаны вспомогательные устройства. В процесс синтеза был внедрен мобильный робот KMR iiwa, отвечающий всем требованиям будущей роботизированной лаборатории. Предполагается, что робот также будет задействован в других процессах, таким образом он сможет эффективно распределять время на различные эксперименты и свободно перемещаться по лаборатории, обеспечивая ее автономность и многозадачность.

Также был предложен метод автоматизации процесса обработки данных: опробованы различные методы регрессионного анализа и предобработки категориальных данных, для описания химических свойств и структур молекул были использованы квантово-химические величины, рассчитанные по теории функционала плотности. В результате была получена модель машинного обучения, способная предсказывать выход электрохимических реакций с высокой эффективностью. Это может быть использовано напрямую для оценки предполагаемого выхода до начала эксперимента, либо для поиска наилучших условий реакции, при которых выход будет наибольший.

В перспективе планируется автоматизировать процесс анализа полученных в ходе электрокатализа продуктов для сбора больших данных и их последующей обработки. Сочетание алгоритмов машинного обучения и автоматического выполнения операций позволит проводить эксперименты без вмешательства человека и ускорить процесс исследований и проверки научных гипотез.

Список использованных источников

1. Zeng L., Wang J., Wang D. et al. Comprehensive Comparisons between Directing and Alternating Current Electrolysis in Organic Synthesis // *Angewandte Chemie International Edition*. – 2023. DOI: 10.1002/ange.202309620.
2. Bortnikov E.O., Semenov S.N. Coupling of Alternating Current to Transition-Metal Catalysis: Examples of Nickel-Catalyzed Cross-Coupling // *The Journal of Organic Chemistry*. – 2021. – V. 86. – №. 1. – Pp. 782–793.
3. Cole K.P. et al. Kilogram-scale prexasertib monolactate monohydrate synthesis under continuous-flow CGMP conditions // *Science*. – 2017. – T. 356. – №. 6343. – Pp. 1144–1150.
4. MacLeod B.P. et al. A self-driving laboratory advances the Pareto front for material properties // *Nature communications*. – 2022. – T. 13. – №. 1. – P. 995.
5. Burger B. et al. A mobile robotic chemist // *Nature*. – 2020. – T. 583. – №. 7815. – Pp. 237–241.

Выпускник

Садовник Анастасия Антоновна

институт международного развития и партнерства

e-mail: nsadovnik1999@mail.ru

Научный руководитель

Гаврилова Александра Владимировна

преподаватель института международного развития и партнерства

e-mail: ain.interactive@gmail.com

УДК 534.4

**ART PROJECT “PER SONITUS AD ASTRA”: RESEARCHING
THE POTENTIAL OF SOUND FOR NAVIGATION IN THE COSMOS
AND CREATING AN ACOUSTIC EXPERIENCE OF PRESENCE
IN AN INTERSTELLAR SPACE BASED ON RADIO ASTRONOMICAL DATA**

Ключевые слова

Art&Science, sound art, immersive art, data sonification, radio sky, radio astronomy, spatial sound, partial sensory deprivation.

Цели и задачи

The thesis elaborates on the new media art project “Per Sonitus Ad Astra”, created as an involving sound experience using the advantages of two contemporary media: immersive installation and sound art. The goal of the project is to let the participant be guided to the stars through sound, experiencing a different mean of navigation: for the infinite space that we cannot comprehend graphically, instead engaging the hearing sense. The corresponding study discusses the philosophical and cultural tropes that lead to contemporary perception and associative connections to cosmic physics and events, and defines the project’s place in the science-art. The practical part of the study contemplates the methodology for spatial and time-related representation of radio astronomical data, using the method of sonification, including the foundation of immersive scenography based on acoustics and human adaptation mechanisms when facing sensory deprivation. The interdisciplinary nature of the art project and associated research allows to use the results in the scientific field (data analysis in astronomy, discussion on inclusive practices) and an art practice (sound art creation and documentation).

Основная часть (методология, результаты)

The study is conducted for the implementation of a spatial sound immersive installation “Per Sonitus Ad Astra”, which is created using the methods of data sonification and sound spatialization. The goal is to offer a method for navigating through acoustics and boosting the subjective feelings

using partial sensory deprivation and narrative of the soundscape experience. The author uses the data from the field of radio astronomy as it is studying the cosmos with focus on objects' emissions which holds an information that is hard to observe visually, whilst submitting diverse findings about stellar objects characteristics, location and activity. The important aspect of using the radio astronomical data is to turn to a different perspective of observing the Universe: the radio sky, as shown on the Figure 1 [3], can seem different from what we may see with our bare vision or using optical telescopes and hence focus on.

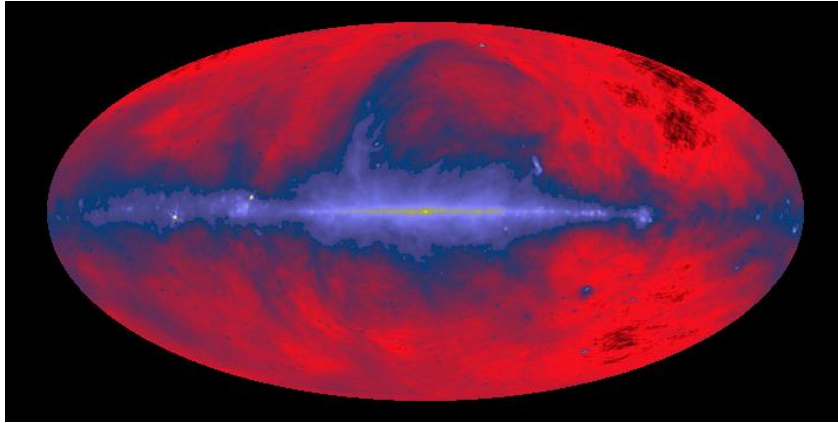


Fig. 1. Radio Sky Reference, mosaic of data taken at Jodrell Bank, Effelsberg and Parkes telescopes, image generated by SkyView at frequency 408MHz, wavelength 73.5 cm. Max Planck Institute for Radio Astronomy, G. Haslam et al, 2013

The study is complete as interdisciplinary research, as the artistic background reflects human perception of the Universe based on philosophy and culture. Humanity has always been interested in space and our place in the universe. In the 20th century, we ventured into outer space for the first time, turning it from an abstract notion into a real and reachable space for research. Nevertheless, the perception of space and its infinite nature is hindered by our inability to experience its scale without technological means that can decode such information. The author translates data from observatories into sound – something that a human can perceive directly, without using any additional instruments, and thus the most suitable medium from the standpoint of both rationale and technology. The stage of the sonification was realized with consultation with practicing radio astronomers.

The project's soundscape includes 17 objects of the most interest to radio astronomy: the Sun, Jupiter and its moons, Sagittarius A* (the center of our galaxy), pulsars, supernova remnants, and extragalactic bodies – quasars, radio galaxies, and Cosmic Microwave Background. A study of the aesthetics of sci-fi cinema also had an influence on the sounds created within the project. For the sonification, the author uses a variety of instruments for signal conversion in the PureData visual programming software [1]. The instruments differ between the object classes and catalogue data: for instance, for pulsar sonification based on the flux density value and rotation period, the author uses frequency modulation. The observation data of quasars, being radio loud objects and observed on frequency range between 1.1 and 21.7 GHz, taken from SAO RAS [2], is recreated into sound using the string synthesis. An example of object data sonification (PSR B0329+54) is shown on the Figure 2.

Inside the installation, the viewer has the opportunity to perceive and feel the infinite nature of the universe and navigate it using their sense of hearing. The technical solution for such scenario is implementation of spatial sound and interactivity. The hardware technical establishment for 8-channel audio consists of 8 broadband speakers, located in the installation room corners and connected to DC-powered amplifiers. The sound is generated in the live mode on a computer, routed directly from a program using the 8-channel sound card. The interactivity of the virtual sound realm is made using sensors: Kinect's infrared camera and support of the ultrasonic sensors, covering the main sensor blind zone. The hardware establishment is shown on the Figure 3.

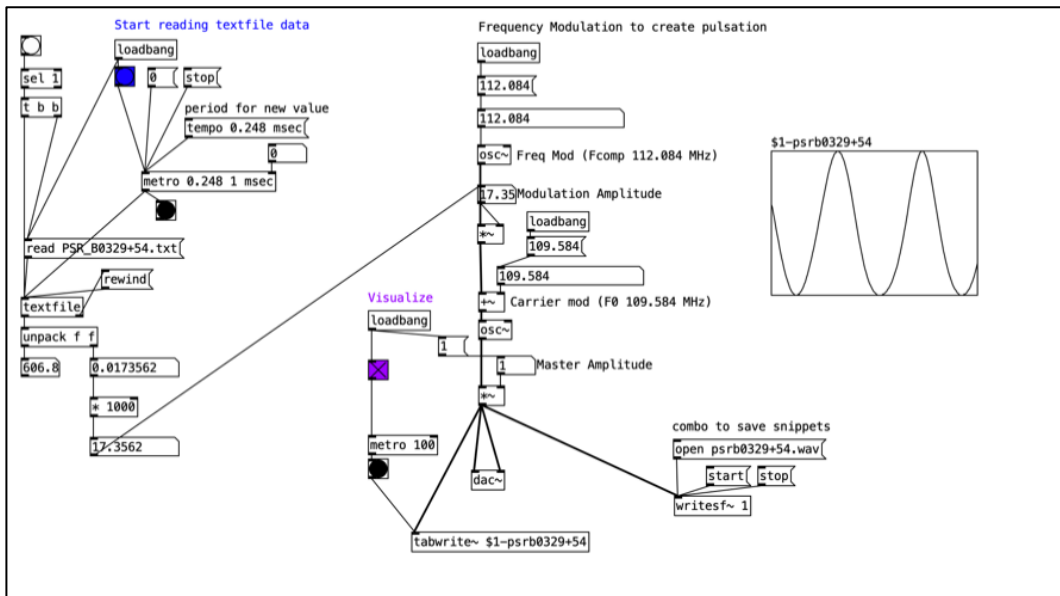


Fig. 2. Algorithm for pulsar data sonification with the pulse profile (pulsar B0329+54)

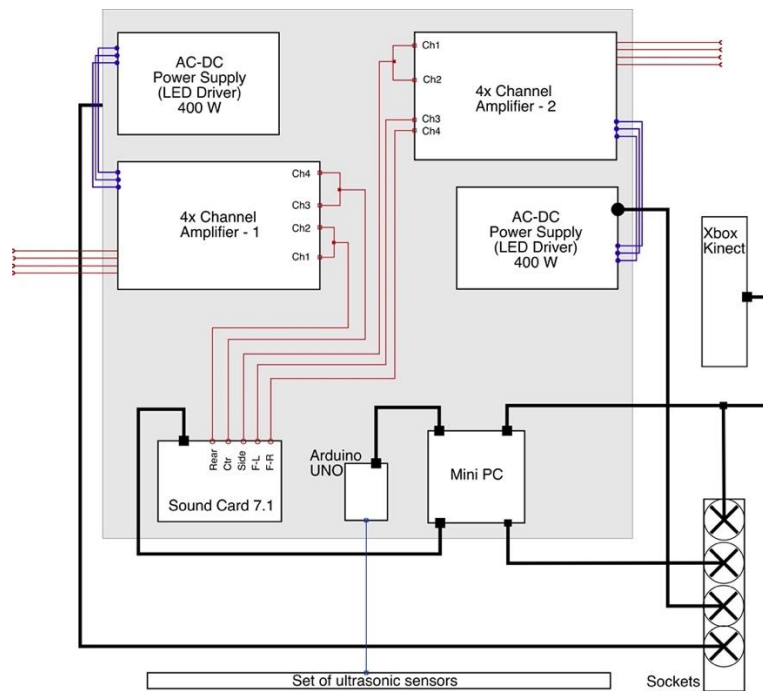


Fig. 3. Technical establishment of the project

The spatial sound and the virtual soundscape reactivity to participant’s location is realized within the compiling PureData program and an external ambisonic library “cicmtools”, which calculated the sound source volume and delay for each speaker based on its cartesian coordinates in the soundscape. The sensor data is received in the vvvv software and sent to PureData patcher via OSC protocol. The coordinates are calculated from the ICRS system and take relative distance for each level of the observed Universe: Solar system, Milky Way Galaxy and extragalactic. The idea of the project is to allow the participant to navigate through such sonic model of the Universe and explore the surroundings, move further, so in the technical sense of the implementation the algorithm works in an inverse mode: the vector coordinates of the objects change with the location of the participant, so it is the virtual space that moves after the visitor. The objects include estimates of time – pulsars – and estimates of location, extragalactic quasars, as navigation points. The visualization is shown on Figure 4.

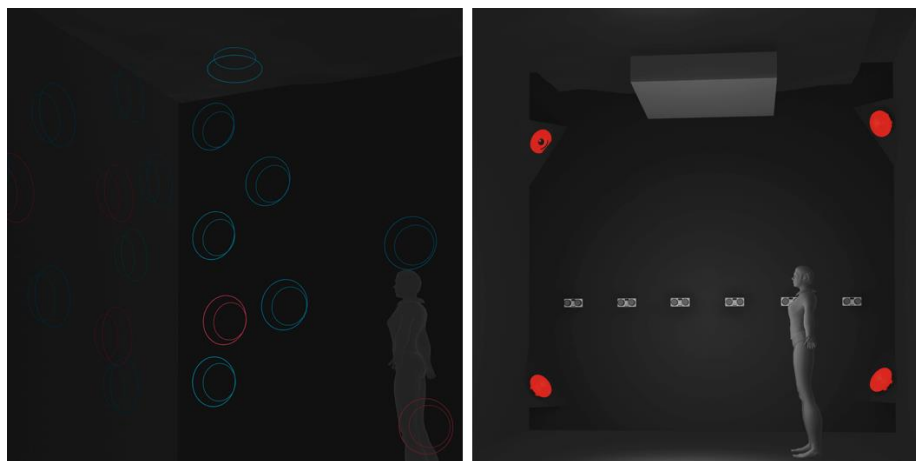


Fig. 4. Room 3D mockup, side-by-side comparison: on the left – virtual sound sources (participant perception), on the right – actual speakers' alignment

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

As a result of the research, the author presents the physical art project, replicating an acoustic experience of presence in an interstellar space, at the graduate art exhibition STAGE 2024 “Bytes and Butterflies”. The soundscape of the project is made using radio astronomical data, so both the experience and the virtual environment are different from what humans can see. The project opens a different perspective on the reality, which can be treated as both objective and subjective, connecting the philosophical and scientific conceptions of exploring the Universe.

The art project has potential to be used in a range of practices:

- the use of the art project in the science popularization activities, i.e. as a part of observatory museums or planetaria exhibition;
- an example of different documentation techniques for sound art projects;
- the method of cutting the visuals in the installation's narratives allows to engage visually impaired persons into the contemporary art exhibition, as well as offering information about space to this category of people.

The next steps of the research as part of project's development include visitor survey and interview analysis (distributed for people with and without visual limitations), project's data base expansion and collaboration with observatories, launch of the Virtual Reality space documentation in the Metaverse (Spatial).

Список использованных источников

1. Impressum | PureData. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://puredata.info/docs/sitedocs/impressum> (дата обращения: 20.01.2024).
2. Mingaliyev M.G., Yulmetova O.S., Kuznecov V.A., «RATAN-600 multi-frequency data for the BL Lacertae objects», 2014A&A...572A..59M // Astronomy and Astrophysics. 2014. 572. A59 (1-4).
3. The MultiWavelength Sky | NASA APOD Archive. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://apod.nasa.gov/htmltest/jbonnell/www/multiw_sky.html (дата обращения: 08.01.2024).

Выпускник

Соколов Илья Денисович

факультет безопасности информационных технологий

e-mail: mr.gorden.smit@gmail.com

Научный руководитель

Будько Михаил Юрьевич

к.т.н., доцент факультета безопасности информационных технологий

e-mail: mbudko@itmo.ru

УДК 004.912

**АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНТЕКСТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА СТАНДАРТОВ
3GPP ДЛЯ УСКОРЕНИЯ МОДЕРНИЗАЦИИ ВСТРОЕННОГО
ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ БАЗОВЫХ СТАНЦИЙ**

Ключевые слова

Документы, документация, стандарты, обработка документов, анализ документов, обработка текста, большие данные, сотовая связь, 4G, 5G.

Цели и задачи

В условиях стремительного развития телекоммуникационных технологий и увеличения объема стандартизированных материалов актуальна задача автоматизации процессов разработки программного обеспечения для базовых станций систем сотовой связи [1]. Современные системы сотовой связи характеризуются использованием высокотехнологичного оборудования и инновационного программного обеспечения (ПО). Аппаратные средства представляют собой системы, выполняющие функции генерации, сбора и обработки радиосигналов, в то время как ПО управляет протоколами передачи данных, обеспечивая интеграцию и взаимодействие между различными компонентами системы. Вся необходимая информация об архитектуре системы, ее элементах, функциях этих элементов, а также о мерах обеспечения безопасности и других аспектах представлена в технических спецификациях 3GPP [2].

Основная часть (методология, результаты)

Анализ существующих решений показал, что традиционные методы ручного сравнения и анализа стандартов требуют значительных временных и трудовых затрат, что приводит к снижению эффективности и увеличению вероятности ошибок. Существующие инструменты, такие как Microsoft Word и Adobe Acrobat, не полностью удовлетворяют потребности

специалистов в области анализа и обработки данных. В связи с этим возникает необходимость в разработке специализированного программного инструмента, объединяющего функции для комплексного анализа и обработки данных. Преимуществом предлагаемого подхода является разработка программного обеспечения, использующего алгоритмы контекстуального анализа текстовых документов, что позволяет существенно снизить трудозатраты и повысить точность выполнения задач со стандартами 3GPP.

Цель исследования заключалась в снижении трудозатрат при разработке встроенного программного обеспечения базовых станций за счет автоматизации рабочих процессов и анализа стандартов мобильной сотовой связи. Для достижения этой цели был разработан алгоритм контекстуального анализа текстовых документов, который лег в основу создаваемого программного обеспечения. Основные компоненты системы включают модули для каталогизации всех документов, быстрого доступа к ним, просмотру стандартов, поиска информации по всем стандартам, автоматического сравнения версий документов, выделения различий, а также для интеграции с внешними приложениями через API. Проведенные эксперименты подтвердили высокую эффективность разработанного ПО, показав, что автоматический анализ позволяет снизить временные затраты более чем в 10 раз по сравнению с ручным.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

Основными результатами исследования являются создание программного обеспечения для анализа нормативных документов в области мобильных сотовых технологий и подтверждение его эффективности в снижении трудозатрат. Программное обеспечение продемонстрировало высокую точность и скорость выполнения задач по сравнению с ручными методами. В дальнейшем планируется расширение функциональности системы, включая разработку дополнительных алгоритмов анализа, автоматическое составление технических заданий, интеграцию с другими системами управления стандартами, а также улучшение пользовательского интерфейса для повышения удобства работы с приложением. Направление дальнейшего развития системы будет связано с применением методов машинного обучения и искусственного интеллекта для создания модели на основе крупных языковых моделей (LLM) для обработки данных по стандартам и внедрения её в существующую систему для ответов на вопросы специалистов. Разработка новых функций для данного программного инструмента позволит значительно улучшить эффективность работы с техническими спецификациями, ускорить процессы модернизации встроенного ПО базовых станций и способствовать быстрому внедрению новых технологий и стандартов в сетях сотовой связи.

Список использованных источников

1. 3GPP. Technical Specifications and Reports. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.3gpp.org/specifications/> (дата обращения: 20.06.2024).
2. 3GPP TS 23.003: “Numbering, addressing and identification”. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.3gpp.org/ftp/Specs/archive/23_series/23.003/23003-i50.zip (дата обращения 20.06.2024).

Выпускник

Сташишин Александр Иванович
факультет инфокоммуникационных технологий
e-mail: alex.stashishin@gmail.com

Научный руководитель

Максимова Татьяна Геннадьевна
д.э.н., профессор факультета инфокоммуникационных технологий
e-mail: tgmaximova@itmo.ru

УДК 004.42

**БИЗНЕС-ТЕЗИС «IRECIPE»: УПРАВЛЕНИЕ РАЗРАБОТКОЙ
ПРОТОТИПА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЯ
ПРИЁМА БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ДОБАВОК**

Работа выполнена в рамках темы НИР №623108 «Исследование и разработка проектных решений в условиях устойчивого развития и ESG-трансформации социально-экономических систем».

Ключевые слова

Управление разработкой мобильного приложения, ЗОЖ, БАД, витамины, напоминания, ИИ-помощник, медицинские рекомендации, консультации медицинского специалиста.

Цели и задачи

Цель работы: адаптация гибкой методологии управления проектами к разработке прототипа мобильного приложения для повышения комплаенса пользователей биологически активных добавок. Задачи: обосновать актуальность идеи разработки прототипа мобильного приложения; проанализировать гибкие методологии управления ИТ-проектами, адаптировать для управления ИТ-проектом и обосновать выбор инструментов управления; разработать план реализации проекта (сформировать иерархическую структуру работ, построить матрицу ответственности, спланировать время разработки с использованием сетевого графика работ); разработать мероприятия по контролю выполнения плана проекта; оценить риски реализации и масштабирования проекта и разработать меры по нивелированию рисков; обосновать перспективы масштабирования разработки.

Основная часть (методология, результаты)

За последние 20 лет сфера информационных технологий значительно шагнула вперед. Области их применения различны: торговля, образование, финансы, недвижимость, сфера

услуг, здравоохранение Основной фактор, стимулирующий развитие информационных технологий в системе здравоохранения, это стремление Правительства Российской Федерации оцифровать разные отрасли экономики. В период пандемии COVID-19 с 2020 до 2022 года весь мир испытал сложности с тем, что население не могло дистанционно получить своевременную медицинскую помощь. Граждане, которым требовалась срочная медицинская помощь, не имея другой возможности, следовали в медицинское учреждение и тем самым подвергали себя и окружающих риску передачи вируса. Однако, стоит отметить, что были и те, кто не мог посетить медицинское учреждение и вызывал медицинский персонал на дом, ожидая помощь продолжительный период времени. В конечном итоге, медицинские услуги были оказаны своевременно не всем. Это могло привести к ухудшению самочувствия пациента, развитию болезни, что в критическом случае заканчивалось летальным исходом [1–5].

Разработка прототипа представляла собой ряд технологических проблем, которые необходимо было преодолеть. Это включало интеграцию новейших технологий и фреймворков, обеспечивающих надежное и простое в использовании приложение. Благодаря применению Flutter в качестве инструмента для мультиплатформенного решения под смартфоны на операционных системах Android и iOS. Архитектура приложения разработана с учетом быстрой масштабируемости и безопасности благодаря использованию современных протоколов и методов шифрования данных [9].

В первую очередь нужно учитывать пожелания потенциального пользователя. Большое внимание было уделено тому, чтобы прототип мобильного приложения должен быть не только функциональным, но и удобным для использования, интуитивно понятным и привлекательным для пользователя. Благодаря регулярному проведению тестирования и постоянной обратной связи от потенциальных пользователей были получены высокие оценки [10, 11, 13].

С научной точки зрения эта работа показывает, что своевременное напоминание о приеме БАД у испытуемых повышает степень их вовлеченности. Кроме того, было определено, что для определения высокой эффективности приема пациентом, необходимо программное обеспечение, которое даст врачу возможность отслеживать курс приема БАД. Прототип мобильного приложения помогает пользователям лучше принимать БАД и улучшать самочувствие, что приводит к улучшению здоровья и качества жизни [5–8].

В будущем есть несколько вариантов развития, а также несколько перспективных региональных исследований и разработок. Однако приложение может быть дополнено такими функциями, как элементы геймификации, чтобы повысить мотивацию пользователей и вовлеченность использования. В противоположном случае искусственный интеллект может помочь, например, персонализировать приложения, создать рекомендации для здоровья на основе данных пользователя и его особенностей приема БАД [14].

В заключении можно сказать, что прототип мобильного приложения разработан успешно. Он является первой стадией разработки более полноценного мобильного приложения, были проанализированы способы воздействия на пользователей и получена обратная связь по таким функциям как напоминания, консультация и обучение. Эта работа может иметь перспективы в сфере здравоохранения, предоставляя людям возможность активно управлять своим приемом БАД. Это не только улучшает общее самочувствие людей, но и может привести к снижению расходов на здравоохранение в широких массах населения. Современные технологии в здравоохранении представляют собой широкие возможности в улучшении и оптимизации нагрузки на медицинский персонал [10, 11, 14].

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

Полученные результаты исследований магистерской диссертационной работы могут быть использованы для проведения дальнейших исследований в области управления инновационными проектами, направленного на выведение на рынок инновационных

продуктов (программного обеспечения), и, кроме того, для разработки мероприятий по формированию спроса на новые продукты.

Список использованных источников

1. A Comparison of Physical Activity Mobile Apps With and Without Existing Web-Based Social Networking Platforms. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6716337/> (дата обращения: 12.12.2023).
2. Assessing the Pragmatic Nature of Mobile Health Interventions Promoting Physical Activity. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10196895/> (дата обращения: 12.12.2023).
3. Can Smartphone Apps Increase Physical Activity? Systematic Review and Meta-Analysis. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6444212/> (дата обращения: 12.12.2023).
4. Effectiveness of Smartphone-Based Physical Activity Interventions on Individuals' Health Outcomes. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8367594/> (дата обращения: 12.12.2023).
5. Efficacy of Mobile Health Applications to Improve Physical Activity and Sedentary Behavior. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9031730/> (дата обращения: 12.12.2023).
6. Mobile Apps for the Management of Comorbid Overweight/Obesity and Depression/Anxiety. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7003257/> (дата обращения: 12.12.2023).
7. Mobile Phone Interventions to Increase Physical Activity and Reduce Weight. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3681804/> (дата обращения: 12.12.2023).
8. Using Mobile Applications to Increase Physical Activity: A Systematic Review. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7664696/> (дата обращения 12.12.2023).
9. Дэрсси Л. Разработка приложений для Android-устройств. Базовые принципы / Л. Дэрсси, Ш. Кондер – Том 1. – Москва: Эксмо, 2014. – 598 с.
10. Заботина Н.Н. Проектирование информационных систем – М.: ДРОФА, 2013. – 336 с.
11. Как продвигать мобильные приложения. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.cossa.ru/230/74358> (дата обращения: 12.12.2023).
12. Кон М. Agile: Оценка и планирование проектов. – Москва: Альпина Паблишер, 2021. – 418 с.
13. Сайед М. Принцип «черного ящика». Как превратить неудачи в успех и снизить риск непоправимых ошибок. – Москва: Азбука-Бизнес, 2016. – 352 с.
14. Сухорукова М.В., Тябин И.В. Предпринимательство в области мобильных приложений и облачных сервисов. М.: Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ», 2016. – 44 с.

Выпускник

Судакова Владислава Витальевна
институт дизайна и урбанистики
e-mail: vladislavasudakova@yandex.ru

Научный руководитель

Горнова Галина Владимировна
д.филос.н., доцент института дизайна и урбанистики
e-mail: gornovagv@yandex.ru

УДК 72.021.1

ВЫЯВЛЕНИЕ СИМВОЛИЧЕСКОГО КАПИТАЛА ГОРОДА, АККУМУЛИРУЕМОГО ЛОКАЛЬНОЙ ИДЕНТИЧНОСТЬЮ, ДЛЯ ВНЕДРЕНИЯ В ПРОЕКТЫ ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ

Ключевые слова

Символический капитал города, символические ресурсы, территориальная идентичность, трансформация городской среды, алгоритм, ревитализация.

Цели и задачи

Цель исследования – разработка метода выявления символического капитала города, аккумулируемого локальной идентичностью, для внедрения в проектные инициативы по территориальному развитию применительно к российским городам.

Задачи исследования:

1. Анализ теоретических основ понятий "символический капитал", "городская идентичность", "трансформационные процессы".
2. Изучение существующих методов выявления символических ресурсов территории, их ревитализации и систематизации.
3. Создание метода выявления символического капитала города и разработка алгоритма по составлению карты символического капитала.
4. Апробация метода и алгоритма на примере города Рыбинска в Ярославской области.
5. Разработка рекомендаций по интеграции выявленного символического капитала в проекты территориального развития.

Основная часть (методология, результаты)

В условиях глобализации и ускоренной урбанизации многие города сталкиваются с проблемами утраты своей идентичности и символического капитала. Эти процессы приводят к исчезновению уникальных черт города, которые отличают его от других и придают ему культурную и историческую ценность. Важно выявлять и сохранять символические ресурсы города для эффективного территориального развития, поскольку они способствуют

укреплению социальной сплоченности и улучшению качества жизни горожан. Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена разработке метода выявления символического капитала города, аккумулируемого локальной идентичностью, и его внедрению в проекты территориального развития.

Исследование базируется на работах П. Бурдье и Дж. Коулмана, а также современных исследованиях в области урбанистики, включая работы Ш. Зукин, Г.В. Горновой, Д.Ф. Полознева и других. Методы исследования включают анализ, систематизацию, культурное картирование и партисипативные подходы. Также использовались методы социологических опросов, интервью и анкетирования для получения данных о восприятии символического капитала жителями города.

В результате исследования был создан метод выявления символического капитала города, который основывается на ревитализации городской идентичности. Этот метод включает в себя несколько этапов, представленных на рисунке 1: сбор данных о символических ресурсах, их анализ и систематизация, а также разработка карты символического капитала города [1].



Рис. 1. Структура метода

Разработанный метод по составлению карты символического капитала был адаптирован для использования в практической сфере градостроительства в виде алгоритма на рисунке 2, размещенного на веб-странице, которая находится в свободном доступе [2].



Рис. 2. Алгоритм создания карты символического капитала города

В алгоритме представлены детализированные инструкции по использованию метода, примеры реализации на практике и рекомендации по дальнейшему применению разработанного алгоритма. Также включены образцы анкет и опросов, использованных в ходе исследования, что позволит другим исследователям и практикам использовать их в своей работе. Алгоритм также предусматривает регулярное обновление и дополнение карты новыми данными, что позволяет поддерживать её актуальность.

Практическая апробация метода проведена на примере города Рыбинска. В результате была создана карта символического капитала города на рисунке 3, включающая основные исторические и культурные объекты, значимые для местных жителей.

И итоговым шагом продемонстрированы возможные варианты интегрирования выявленных символических ресурсов в проекты территориального развития города – на примере разработки проекта благоустройства по Федеральному проекту «Формирование комфортной городской среды» территории площади им. Маршала Жукова и выявлении инвестиционно-привлекательных территорий по созданию креативных индустрий согласно концепции Шарон Зукин [3]. Это позволило продемонстрировать эффективность и применимость метода в реальных условиях, а также показать его потенциал для использования в других российских городах.

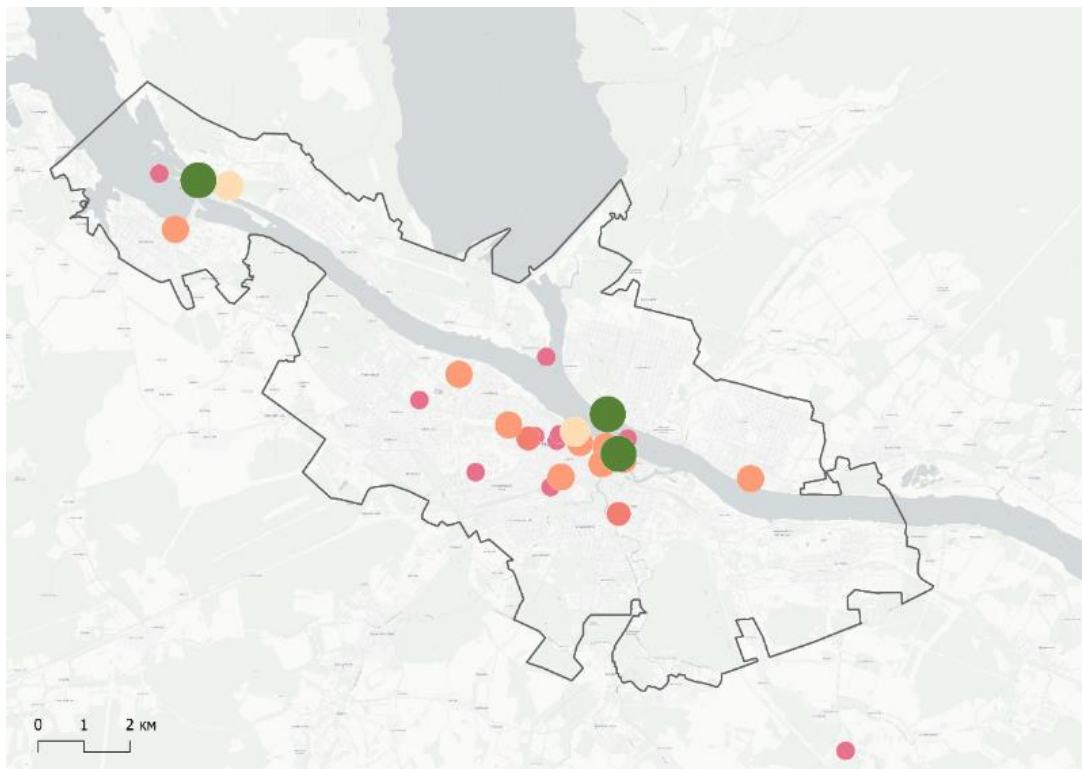


Рис. 3. Визуализация символического капитала Рыбинска

Карта символического капитала Рыбинска включает такие объекты, как архитектурные памятники, исторические здания, культурные учреждения, места общественных собраний, природные ландшафты и другие элементы, отражающие уникальность города.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

Исследование подтверждает, что ревитализация локальной идентичности способствует увеличению символического капитала территории и предоставляет дополнительные ресурсы для её развития. Разработанный метод и алгоритм являются доступными и простыми в использовании, что делает их перспективными инструментами для территориального развития российских городов. Кроме того, использование метода способствует социальной

сплоченности и повышению уровня жизни горожан за счет укрепления их связи с местом проживания.

Применение разработанного метода способствует созданию более благоприятных условий для привлечения инвестиций, развития туризма и улучшения имиджа города. Внедрение карты символического капитала в городское планирование позволяет учитывать культурные и исторические особенности территории, что способствует более гармоничному развитию городской среды.

Работа демонстрирует важность интеграции символического капитала в проекты территориального развития и предоставляет практический инструмент для этого процесса. Использование разработанного метода способствует укреплению локальной идентичности и устойчивому развитию городских территорий. Разработанный метод также может быть адаптирован для использования в различных масштабах и контекстах, что делает его универсальным инструментом для планирования и управления городским развитием.

Список использованных источников

1. Судакова В.В. (науч. рук. Горнова Г.В.) Потенциал символического ресурса города в ревитализации локальной городской идентичности // Сборник тезисов докладов конгресса молодых ученых. Электронное издание. – СПб: Университет ИТМО, [2023]. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://kmu.itmo.ru/digests/article/10761>.
2. Алгоритм по созданию карты символического капитала. Города. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://symboliccapital.tilda.ws> (дата обращения: 10.05.2024).
3. Зукин Ш. Культуры городов. - М.: Новое литературное обозрение, 2015. – 424 с.

Выпускник

Сысоенко Мария Вячеславовна

факультет технологического менеджмента и инноваций

e-mail: sysoenko.m@yandex.ru

Научный руководитель

Павлова Елена Александровна

к.э.н., доцент факультета технологического менеджмента и инноваций

e-mail: eapavlova@itmo.ru

УДК 656; 316.422

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКИХ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО
ТРАНСФОРМАЦИИ СУБЪЕКТОВ РЫНКА ТРАНСПОРТНЫХ УСЛУГ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ В КОНЦЕПЦИИ ИНДУСТРИИ 4.0**

Ключевые слова

Рынок транспортных услуг, Индустрия 4.0, инновационные технологии, целевая модель, трансформация, система показателей оценки эффектов.

Цели и задачи

Целью работы является разработка рекомендаций по реализации основных положений концепции Индустрии 4.0 в деятельности субъектов рынка транспортных услуг (РТУ) Российской Федерации. На первом этапе необходимо проанализировать предпосылки, причины и тренды инновационной трансформации субъектов в современных условиях; исследовать мировой и отечественный опыт внедрения инновационных транспортных технологий Индустрии 4.0. Затем следует оценить текущий уровень развитости и готовности отечественных субъектов РТУ к внедрению технологий Индустрии 4.0, а также построить целевую модель их трансформации в рамках концепции Индустрии 4.0. На следующем этапе требуется выявить технологические разрывы этой трансформации в России и сформулировать рекомендации по внедрению инновационных технологий Индустрии 4.0 в их деятельности с целью трансформации и максимизации возможных эффектов.

Основная часть (методология, результаты)

На основании зарубежных исследований были выявлены предпосылки и стимулы инновационной трансформации субъектов РТУ, анализ силы влияния и важности которых проводился с помощью метода экспертной оценки [1]. Результаты показали, что наиболее подвержены их влиянию перевозчики, экспедиторы, агенты, брокеры, линии и конференции,

предприятия, склады и терминалы, а также логистические операторы, являющиеся ключевыми звеньями цепочек поставок. При этом сильнейшее влияние оказывают технологические факторы, требующие экономической поддержки государства и доступности необходимых ресурсов. Наиболее значимые стимулы связаны с человеческим фактором: здоровьем, упрощением рабочих процессов и соответствием ритма жизни.

Согласно существующим исследованиям, концепция Индустрии 4.0 имеет 3 ступени развитости и основными её технологиями в логистической отрасли являются интернет вещей, дополненная реальность, облачные технологии, большие данные, автономные транспортные средства, дроны, блокчейн, 3D-печать, носимая электроника, автоматизация, робототехника и прогнозная аналитика [2]. Несмотря на практическое применение ряда технологий, зачастую они используются изолированно, не обеспечивая полноценный переход к новой модели функционирования. Для того, чтобы технологии не использовались изолированно и обособлено на основании анализа имеющихся научных исследований была сформирована система 16-ти показателей оценки получаемых эффектов от реализации в деятельности компаний концепции Индустрии 4.0, отражающих влияние инновационных технологий на ключевые показатели деятельности предприятий [3].

На основании исследования мирового опыта внедрения инновационных транспортных технологий была построена матрица эффектов от реализации в деятельности компаний концепции Индустрии 4.0, отражающая как конкретные показатели, применяемые определёнными субъектами, влияют на каждый из их показателей эффективности деятельности в процентах [4].

Для оценки технологической развитости и готовности были сформулированы две гипотезы, связанные с уровнем развитости и готовностью субъектов РТУ к переходу на последующие ступени Индустрии 4.0. Для их доказывания или опровержения было проведено анкетирование 198 субъектов российского РТУ из 10 наиболее развитых в РТУ регионов страны, что, согласно расчёту репрезентативности выборки, на 90% отражает взгляды и мнения целевой группы [5]. Оценка технологической развитости показала, что субъекты российского РТУ находятся на первой ступени технологической развитости Индустрии 4.0. Тем не менее, субъекты не готовы к переходу на вторую ступень в ближайшие 1–3 года, хотя и осознают необходимость внедрения соответствующих технологий и заинтересованы в этом, но пока строят планы на долгосрочную перспективу. Основными препятствиями для реализации этих планов в среднесрочном периоде являются недостаток финансовых и временных ресурсов, что приводит к отсутствию необходимого оборудования, материалов и квалифицированных специалистов. Основные стимулы для внедрения технологий второй ступени – государственное финансирование и рост конкуренции на рынке. Также было отмечено, что субъекты РТУ направляют от 5% до 20% прибыли на инвестиции в развитие технологий Индустрии 4.0, в большинстве случаев превышая среднестатистическое значение в 10–15%.

Построенная целевая модель (рис. 1) включает детальное и последовательное описание схем работы каждого субъекта рынка транспортных услуг, отражая этапы, применяемые технологии, задействованных сотрудников, необходимые шаги, затрачиваемое время и показатели, на которые влияют полученные в ходе работы результаты. Полученная в ходе исследования мирового опыта матрица была адаптирована под российский рынок на основе PEST и SWOT-анализа тех ограничений и стимулов, которые выделили субъекты в ходе анкетирования, отражая целевые средние значения, к которым необходимо стремиться в ходе реализации инновационных проектов. Сначала факторы и количество ответов респондентов были выписаны в 2 таблицы – положительно влияющие и отрицательно. Затем на основании минимального и максимального значения ответов были составлены 2 шкалы: для стимулирующих факторов от 0,1 (наибольшее) до 0,9 (наименьшее); для ограничивающих от 1,1 (наименьшее) до 1,9, где 1,1 (наибольшее). После выставления всех значений в отдельном столбце было рассчитано среднее арифметическое по ним. На следующем этапе к показателям

модели мирового опыта были применены полученные значения степени влияния факторов на каждый субъект РТУ по формуле:

$$P_{pc1} = P_{zc1} + (P_{zc1} - P_{zc1} * \Phi_{pc1}), \quad (1)$$

где P_{pc1} – значение показателя в российской целевой модели конкретного субъекта РТУ, %; P_{zc1} – значение показателя в модели мирового опыта конкретного субъекта РТУ, %; Φ_{pc1} – среднее арифметическое значение факторов, влияющих на конкретный субъект РТУ.

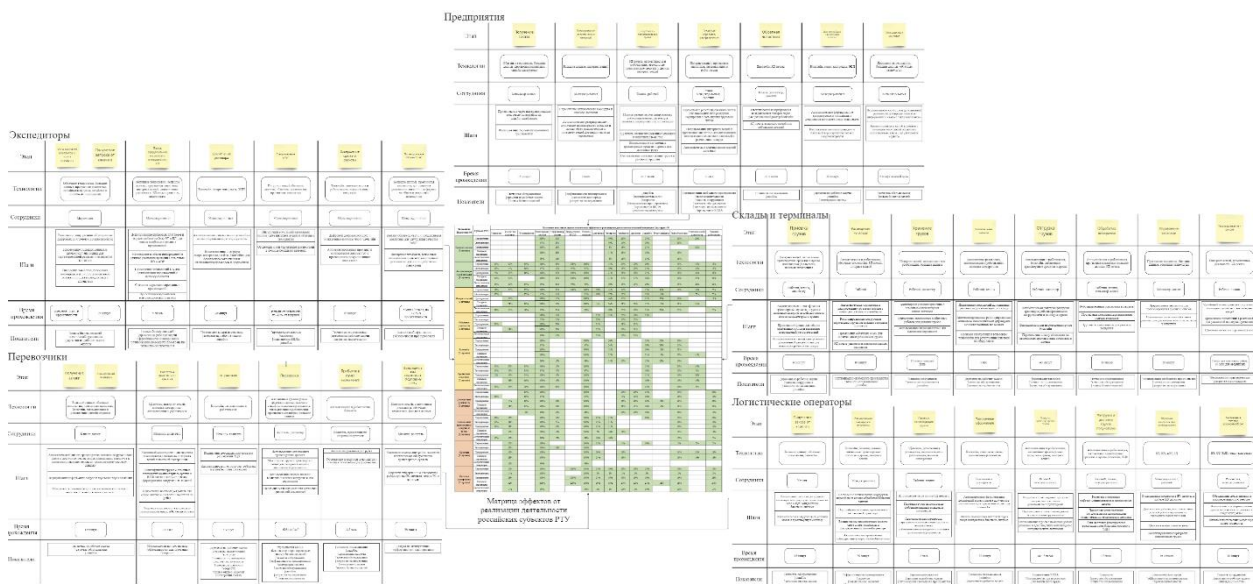


Рис. 1. Целевая модель трансформации субъектов рынка транспортных услуг в рамках концепции Индустрии 4.0

GAP-анализ показал, что зачастую субъекты расширяют штат сотрудников по сравнению с целевой моделью на 1–2 должности, а разница во временных затратах на прохождение каждого этапа варьируется от 15 минут до 52 часов, что связано с использованием ручного труда и бюрократическими процедурами. В целом, текущее состояние субъектов российского РТУ в отношении внедрения инноваций первой степени представляется позитивным - их показатели либо соответствуют целевым, либо незначительно превышают их. Вместе с тем, в части технологий второй и третьей ступеней наблюдается существенное несоответствие целевой модели.

На основе проведенных исследований были разработаны рекомендации по внедрению основных положений данной концепции на предприятиях для успешного перехода к целевой модели, которые состоят из девятиэтапного алгоритма с подробным описанием первых трёх этапов в виде бизнес-процессов (рис. 2). Предприятиям рекомендуется возвращаться к первому этапу при необходимости внедрения новой технологии или оптимизации деятельности.

Расчёт экономических эффектов показал, что динамический срок окупаемости у предприятий, перевозчиков составляет 3,9 лет, при этом наиболее быстрый срок окупаемости наблюдается у предприятий – 1,4 года, складов и терминалов – 2,3 года. Напротив, для экспедиторов и логистических операторов компаний он является наиболее продолжительным (5,9 и 5,3 лет, соответственно). Таким образом, у экспедиторов внедрение проекта является актуальным в перспективе более 5 лет, так как до этого моменты инвестиции в 100 млн рублей не окупаются. Наиболее целесообразной его реализация является для предприятий, складов и терминалов.

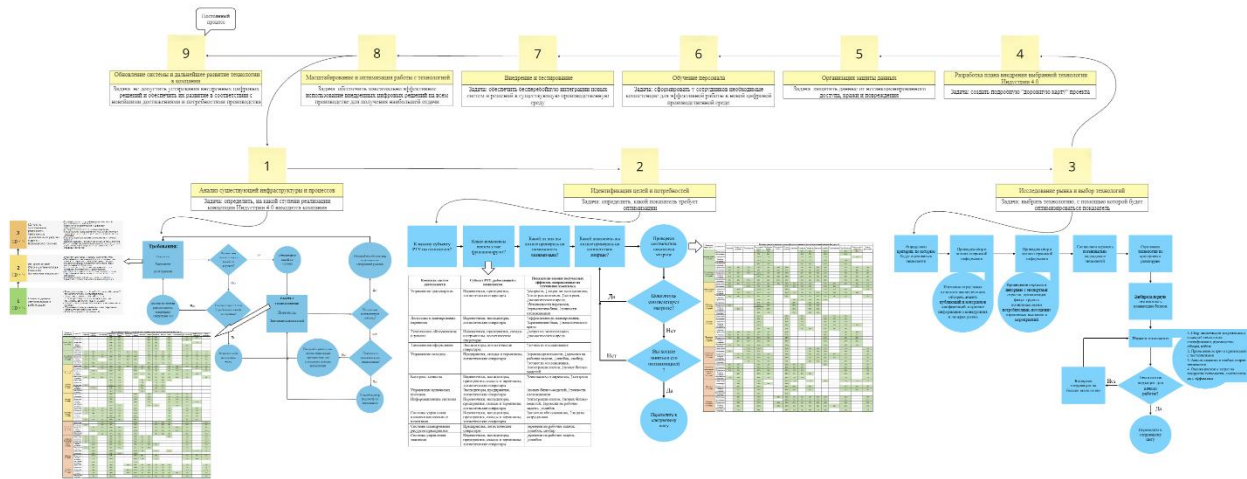


Рис. 2. Процесс определения субъектом РТУ принадлежности к ступени развитости Индустрии 4.0

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В ходе исследования были разработаны методические рекомендации по трансформации субъектов рынка транспортных услуг Российской Федерации в концепции Индустрии 4.0. Оценка технологической развитости показала, что субъекты российского рынка транспортных услуг находятся на первой ступени технологической развитости Индустрии 4.0 и испытывают ограничения, связанные с недоступностью передовых технологий в регионах деятельности, отсутствием квалифицированных специалистов, временных и финансовых ресурсов, что препятствует переходу на вторую ступень развитости в среднесрочной перспективе (1–3 года). Разработанный алгоритм способствует структурированию работы субъектов с инновационными технологиями, определению исходных точек и последовательности необходимых действий. Тем не менее, его не следует рассматривать как универсальное решение, способное ликвидировать все возникающие ограничения, так как это один из инструментов, наиболее эффективно функционирующих в комплексе мероприятий, направленных на преодоление выявленных барьеров внедрения технологий Индустрии 4.0 в деятельности субъектов рынка транспортных услуг.

Направление дальнейших исследований связано с практической апробацией и экспертной оценкой разработанной концептуальной модели трансформации субъектов рынка транспортных услуг в рамках Индустрии 4.0. Для этого необходимо составить лист оценок и привлечь ведущих специалистов в области инновационного развития транспортной отрасли, внедрить модель в деятельность 10 субъектов из 5 передовых регионов России, представляющих различные сегменты отрасли, осуществить комплексную доработку модели, уделяя особое внимание повышению её практической ориентированности с учетом специфики отрасли и механизмам ее поэтапной реализации.

Список использованных источников

1. Ahuett-Garza H., Kurfess T. A brief discussion on the trends of habilitating technologies for Industry 4.0 and Smart manufacturing // Manufacturing Letters. – 2019. – Vol. 15. – Pp. 60–63.
2. Тарасов И.В. Индустрия 4.0: понятие, концепции, тенденции развития // Стратегия бизнеса. – 2018. – №. 6 (60). – С. 57–64.

3. Hayriye A., Fatma Ü. The Measurement of Industry 4.0 Performance through Industry 4.0 Index: An Empirical Investigation for Turkey and European Countries // *Procedia Computer Science*. – Vol. 158. – 2019. – Pp. 852–860.
4. When China's «Made in China 2025» meets Germany's «Industry 4.0». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://chinaplus.cri.cn/news/china/9/20170502/3933.html> (дата обращения: 12.04.2023).
5. Владыка М.В., Стрябкова Е.А., Третьякова М.С. Особенности регионального развития России на основе формирования локального ресурсного потенциала // *Экономика. Информатика*. – 2023. – №. 50(2). – С. 235–247.

Выпускник

Шапошников Борис Юрьевич

институт прикладных компьютерных наук

e-mail: borisshapa@niuitmo.ru

Научный руководитель

Муравьев Сергей Борисович

к.т.н., доцент института прикладных компьютерных наук

e-mail: smuravyov@itmo.ru

УДК 004.04

**РАЗРАБОТКА НОВОГО МЕТОДА АДАПТАЦИИ ЯЗЫКОВЫХ
МОДЕЛЕЙ БЕЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛГОРИТМОВ ОБУЧЕНИЯ
С ПОДКРЕПЛЕНИЕМ**

Ключевые слова

Обучение с подкреплением на основании обратной связи людей, языковые модели, оптимизация предпочтений, адаптация.

Цели и задачи

Целью работы является улучшение качества методов адаптации языковых моделей без алгоритмов обучения с подкреплением на двух популярных генеративных задачах: Anthropic-НН и Reddit TL;DR. Для сравнения качества с существующими моделями предлагается использовать автоматическую попарную оценку с помощью GPT-4. Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи: 1) Разработка нового метода, в котором референсная политика обновляется во время обучения; 2) Применение разработанного метода к алгоритмам адаптации, использующим референсную политику (DPO, IPO, KTO); 3) Исследование зависимости качества адаптации от гиперпараметров обновления на задачах Anthropic-НН и Reddit TL;DR; 4) Проверка работоспособности методов на моделях различных размеров; 5) Анализ генерируемых текстов на предмет соответствия критериям, которым должен соответствовать хороший диалоговый ассистент: согласованность, корректность, уровень детализации, польза и вежливость; 6) Демонстрация статистической значимости результатов; 7) Сравнение поведения предложенных методов с поведением классических техник при изменении коэффициента перед ограничением на близость к референсной политике.

Основная часть (методология, результаты)

В работе предлагается новый подход к адаптации языковых моделей под названием «метод доверительного региона» (Trust Region, TR), который подразумевает обновление референсной политики во время обучения [1, 2]. Применение данной парадигмы к

классическим методам офлайн оптимизации порождает новое семейство методов: TR-DPO, TR-IPO, TR-KTO [3]. Каждый из методов сравнивается с классическим на двух генеративных задачах (Anthropic-НН, Reddit TL;DR) и трёх размерах базовых моделей (2,8; 6,9 и 12 миллиардов параметров) [4]. При автоматическом попарном сравнении генераций моделей (2,8 миллиардов параметров), обученных TR методами и базовыми методами, на задаче Reddit TL;DR, разница в проценте побед составляет 8,4% для TR-DPO, 14,3% для TR-IPO и 15% для TR-KTO. Оценка генераций моделей по таким критериям, как согласованность, корректность, польза и вежливость, демонстрирует, что предлагаемые методы статистически превосходят существующие методы.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В работе представлен новый класс методов адаптации языковых моделей под названием «метод доверительного региона» (Trust Region, TR). TR-DPO, TR-IPO и TR-KTO отличаются от классических методов офлайн оптимизации обновлением референсной политики в процессе обучения. Термин "доверительный регион" отражает принцип, заключающийся в том, чтобы позволить моделям исследовать места за пределами исходной политики SFT с целью достижения более эффективной сходимости адаптации. Эффективность предложенной стратегии, скорее всего, объясняется более тонкой динамикой градиентного поведения функции потерь. Предложенная техника была проверена на различных задачах и размерах моделей. Результаты показывают, что предлагаемые модификации улучшают производительность в большинстве сценариев. Это подчеркивает универсальность и надежность предложенного подхода.

В будущем может быть исследовано обобщение метода на другие области, модальности и размеры наборов данных, особенно на малые наборы данных. В рамках данной работы показывается, что модели, обученные предложенным методом, меньше страдают от увеличения длины ответа, но обоснование такого поведения выходит за рамки работы и требует дальнейшего исследования. Наконец, результаты работы основаны на автоматической оценке GPT-4. Это поднимает вопрос о том, насколько этот способ оценки подходит для оценки методов адаптации и о том, не существуют ли более подходящие методы оценки.

Список использованных источников

1. A General Theoretical Paradigm to Understand Learning from Human Preferences / M. G. Azar [и др.]. — 2023. — arXiv: 2310.12036 [cs.AI].
2. Direct Preference Optimization: Your Language Model is Secretly a Reward Model / R. Rafailov [и др.] // Thirty-seventh Conference on Neural Information Processing Systems. — 2023. — URL: <https://arxiv.org/abs/2305.18290>.
3. KTO: Model Alignment as Prospect Theoretic Optimization / K. Ethayarajh [и др.]. — 2024. — arXiv: 2402.01306 [cs.LG].
4. Learning to summarize from human feedback / N. Stiennon [и др.] // NeurIPS. — 2020.

Выпускник

Яковлев Захар Александрович
физический факультет
e-mail: iakovlev.zakhar@gmail.com

Научный руководитель

Глазов Михаил Михайлович
д.ф.-м.н., чл.-корр. РАН, г.н.с. ФТИ им. А.Ф. Иоффе
e-mail: glazov@coherent.ioffe.ru

УДК 538.915, 538.958

**ТОНКАЯ СТРУКТУРА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СПЕКТРА И ДИНАМИКА
ФЕРМИ-ПОЛЯРОНОВ В ДВУМЕРНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКАХ**

Работа выполнена в рамках темы НИР №621317 «Фундаментальные и прикладные вопросы фотоники».

Ключевые слова

Двумерные материалы, дихалькогениды переходных металлов, кулоновские комплексы, экситоны, трионы, ферми-поляроны, тонкая структура, динамика, транспорт.

Цели и задачи

Разнообразие оптических спектров полупроводников обусловлено связанными кулоновскими комплексами, такими как экситоны, трионы и ферми-поляроны, которые особенно сильно проявляются в двумерных полупроводниках и ван-дер-ваальсовых гетероструктурах на основе дихалькогенидов переходных металлов. Экситон-электронное взаимодействие в легированных полупроводниках приводит к образованию связанных трехчастичных комплексов – трионов, которые также могут быть описаны в рамках ферми-поляронного подхода, учитывающего корреляцию триона с дыркой в ферми-море. Целью данной работы является построение последовательной теории экситонов, взаимодействующих с резидентными носителями заряда, электронами и дырками, в двумерных полупроводниках и выявление сценариев, в которых модели триона и Ферми-полярона показывают разные результаты, что открывает возможности для экспериментальной проверки и определения более подходящего подхода. В рамках исследования решаются задачи разработки модели диффузии ферми-поляронов, а также теоретического исследования тонкой структуры энергетического спектра ферми-поляронов, зависящей от спина.

Основная часть (методология, результаты)

Отличительными особенностями экстремально-двумерных полупроводников, в первую очередь, монослоев дихалькогенидов переходных металлов (ДПМ), являются сильное кулоновское взаимодействие, приводящее к образованию экситонов и трионов с большими по сравнению с объемными материалами и традиционными квантовыми ямами энергиями связи, а также возможность варьировать концентрацию свободных носителей заряда в широких пределах [1]. К настоящему времени в литературе описаны две основные конкурирующие модели взаимодействия экситонов с носителями заряда: модель трехчастичных комплексов (трионов) и модель ферми-поляронов (тетронов Суриса [2]), в которой учитываются корреляции триона с морем Ферми. Это обуславливает необходимость построения последовательной теории квазичастиц, возникающих при взаимодействии экситонов с ферми-морем резидентных электронов или дырок в атомарно-тонких ДПМ, развития теоретического описания их оптических свойств, включая тонкую структуру их энергетического спектра, а также теории их транспорта. Указанные задачи были решены в данном цикле работ.

С применением методов функций Грина построена теория взаимодействия экситонов с резидентными электронами и дырками в двумерных ДПМ, учитывающая особенности зонной структуры и кулоновского взаимодействия в таких системах. Основные результаты состоят в следующем:

- рассчитаны оптические спектры монослоев ДПМ в экситонной области спектра. Определены положения и ширины линий притягивающих (трионоподобных) и отталкивающих (экситоноподобных) ферми-поляронов. При малом легировании, когда энергия Ферми носителей заряда меньше энергии связи триона, ширина линии притягивающего ферми-полярона не зависит от легирования, а ширина экситонной линии линейно растет с увеличением концентрации свободных носителей заряда;
- определены коэффициенты диффузии ферми-поляронов, предсказана немонотонная зависимость коэффициента диффузии квазичастиц от энергии Ферми. Построенная модель качественно и количественно описывает результаты эксперимента;
- найдены расщепления радиационного дублета состояний притягивающих ферми-поляронов, обусловленные электрон-дырочным обменным взаимодействием, как при анизотропной деформации ДПМ (рисунок), так и при движении квазичастицы (продольно-поперечное) расщепление. Показано, что эти расщепления параметрически больше в дихалькогенидах на основе вольфрама, чем в дихалькогенидах на основе молибдена. Наблюдение тонкой структуры притягивающих ферми-поляронов позволит поставить точку в дискуссии о выборе наиболее адекватной модели – трионной или поляронной – для описания таких систем.

Теория транспортных свойств кулоновских комплексов опубликована в совместной с экспериментаторами из Технического университета Дрездена в статье [3]. Теория тонкой структуры ферми-поляронов в случае анизотропной упругой деформации представлена в работе [4]. Теория продольно-поперечного расщепления ферми-поляронов представлена в работе [5].

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

Разработана последовательная модель взаимодействия экситонов с морем Ферми резидентных носителей заряда в монослоях дихалькогенидов переходных металлов. С использованием метода функций Грина рассчитана ширина линий притягивающих (трионоподобных) и отталкивающих (экситоноподобных) ферми-поляронов в зависимости от концентрации резидентных носителей заряда, а также определены коэффициенты диффузии

отталкивающих и притягивающих ферми-поляронов, что позволило качественно и количественно описать экспериментальные результаты по диффузии экситонных комплексов в монослое WSe₂. Разработана микроскопическая теория тонкой структуры, обусловленной анизотропной деформацией и продольно-поперечным расщеплением притягивающих (трионоподобных) ферми-поляронов в монослоях дихалькогенидов переходных металлов на основе вольфрама и молибдена и показано, что поляроны Ферми расщепляются на линейно поляризованные состояния.

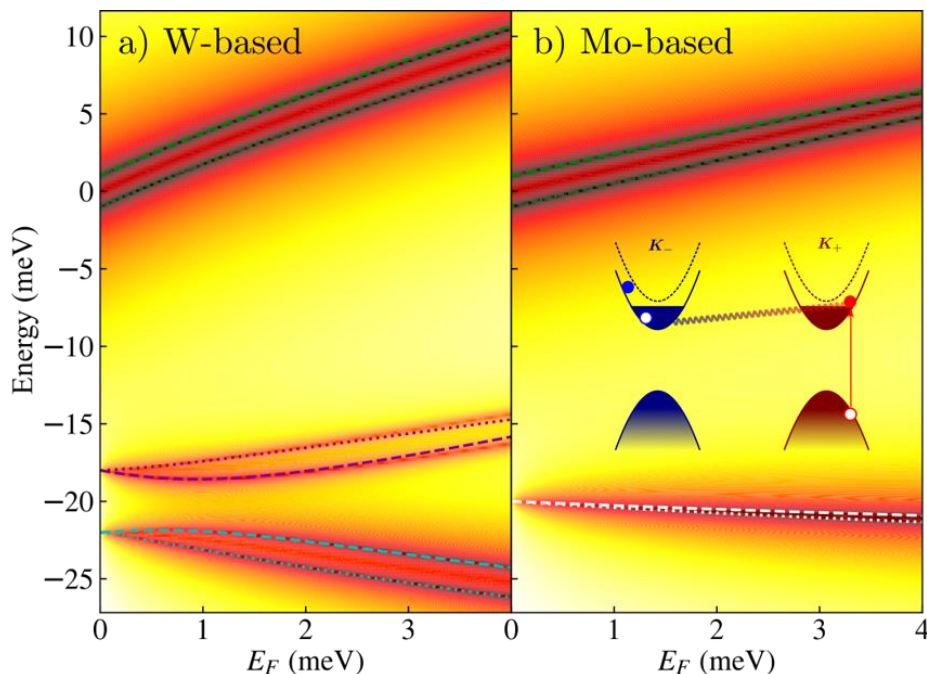


Рисунок. Спектр поглощения дихалькогенидов вольфрама и молибдена в циркулярной поляризации при наличии анизотропной упругой деформации в зависимости от степени легирования. На вставке тетрон Суриса (ферми-полярон)

В дальнейших исследованиях полученные результаты могут быть использованы для анализа экспериментальных данных и позволят определить правильный модельный подход к описанию многочастичных кулоновских комплексов в двумерных полупроводниках.

Список использованных источников

1. Gang Wang et al. Colloquium: Excitons in atomically thin transition metal dichalcogenides // *Review of Modern Physics*. – 2018. – Vol. 90. – P. 021001.
2. Suris R.A. Correlation between trion and hole in Fermi distribution in process of trion photo-excitation in doped QWs // *NATO ASI*. 2003. DOI: 10.1007/978-94-010-0078-9_9.
3. Wagner K., Iakovlev Z, et. al. Diffusion of Excitons in a Two-Dimensional Fermi Sea of Free Charges // *Nano Letters*. – 2023. – Vol. 23. – No. 11. – Pp. 4708–4715.
4. Iakovlev Z., Glazov M. Fermi polaron fine structure in strained van der Waals heterostructures // *2D Materials*. – 2023. – Vol. 10. – No. 3. – P. 035034.
5. Iakovlev Z.A., Glazov M.M. Longitudinal-transverse splitting and fine structure of Fermi polarons in two-dimensional semiconductors // *Journal of Luminescence*. – 2024. – Vol. 273. – P. 120700.

МАГИСТРЫ
Участники конкурса
«Научный Эверест»
Университета ИТМО

Выпускник

Bassel Alshawareb

факультет систем управления и робототехники

e-mail: balshawareb@itmo.ru

Научный руководитель

Колюбин Сергей Алексеевич

доцент, д.т.н., профессор факультета систем управления и робототехники

e-mail: s.kolyubin@itmo.ru

УДК 004.896

**VISUAL ANOMALY DETECTION IN INDUSTRIAL ENVIRONMENTS
USING QUADCOPTER'S ON-BOARD RGB CAMERA**

Keywords

Anomaly Detection, few-shot learning, continual learning, Knowledge Distillation, Mixture-of-Experts, Ensemble, Faster RCNN, Swin Transformer.

Objectives and tasks

Vision-based deep learning detectors have shown high potential for detecting industrial anomalies during inspection. However, when detectors are deployed on a quadcopter, they suffer from low robustness against inspection conditions, like light exposure, and motion blur. Another constraint to the task is imposed by the specifications of anomalies themselves, which are characterized by rare occurrence, and continual emergence of new types. This work adopts a detector, and integrates it in a system for learning under data scarcity, achieving high robustness, and gaining continual learning capabilities.

The main part

The workflow starts by training a model on an abundance of anomalies called base data. Then after new types of anomalies emerge, the model is fine-tuned on them, along with samples drawn from the base data. During inference, modifiers are applied to simulate inspection conditions. The pipeline is described in the figure below. The models used for training are YOLOv8, DINO [1], and Faster RCNN [2], with Faster RCNN showing the highest performance on the NEU-DET dataset. In the second stage, knowledge distillation [3] was considered to fine-tune the model on novel data, as opposed to retraining the model on them. Catastrophic forgetting was observed, where knowledge distillation proved its effectiveness in mitigating the drop in performance. Transformers, Mixture-of-Experts [4], and ensemble were used to improve the performance of Faster RCNN. The Swin-t [5] transformer backbone has shown the highest, which could not be improved by using Mixture-of-Experts, or ensembling. Lastly, Faster RCNN with the Swin-t transformer passed the robustness test,

which consisted of 3 levels of difficulty of 6 modifiers, including quadcopter-specific ones such as rotations, and environment-specific ones such as snow.

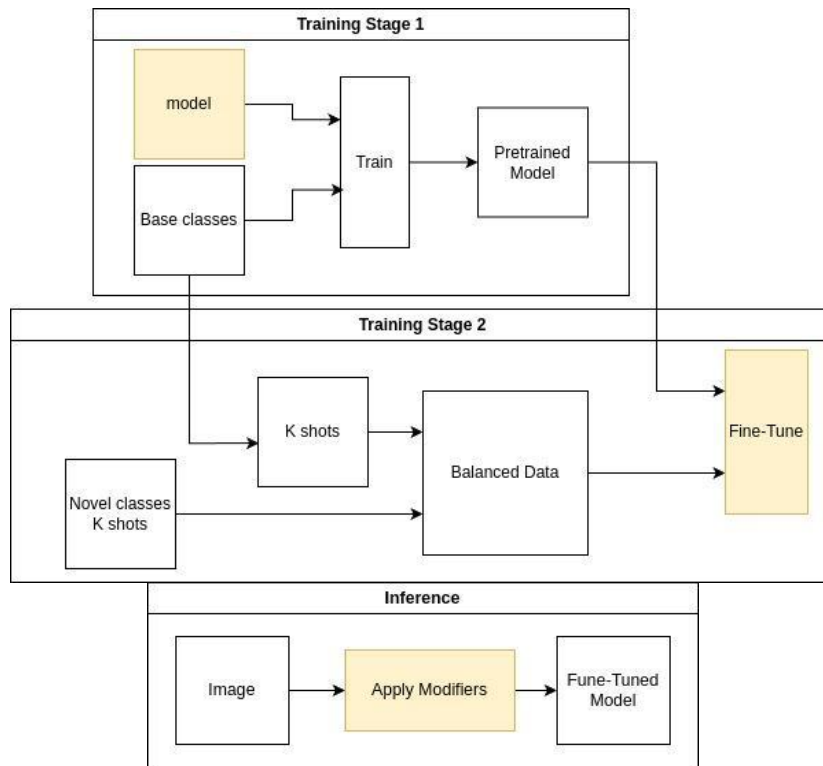


Figure. Workflow of training, fine-tuning, and inference. The highlighted areas indicate the contribution of this work

Conclusion and future work

This work provided solutions for 3 problems associated with visual anomaly detection: data scarcity, emergence of new types, and robustness issues. Faster RCNN with the Swin-t backbone showed high robustness to inspection conditions, and was capable of learning with data scarcity. On the other hand, knowledge distillation was verified to be an effective tool for continual learning. Future work can consider using knowledge distillation for model compression before launching it on a quadcopter to perform real-time performance. On the other hand, a segmentation head can be added for more precise offline localization.

Resources

1. Caron M., Touvron H., Misra I. et al. Emerging properties in self-supervised vision transformers // Proceedings of the IEEE/CVF international conference on computer vision. – 2021. – Pp. 9650–9660.
2. Ren S., He K., Girshick R., Sun J. Faster R-CNN: Towards real-time object detection with region proposal networks // IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence. – 2016. – Vol. 39. – №. 6. – Pp. 1137–1149.
3. Hinton G., Vinyals O., Dean J. Distilling the knowledge in a neural network // arXiv preprint arXiv:1503.02531. — 2015.
4. Shazeer N., Mirhoseini A., Maziarz K. et al. Outrageously large neural networks: The sparsely-gated mixture-of-experts layer // arXiv preprint arXiv:1701.06538. — 2017.
5. Liu Z., Lin Y., Cao Y. et al. Swin transformer: Hierarchical vision transformer using shifted windows. — 2021. arXiv:2103.14030v2 [cs.CV] 17 Aug 2021.

Выпускник

Абрамов Владислав Иванович

институт Высшая инженерно-техническая школа

e-mail: MACIDLA@yandex.ru

Научный руководитель

Малинина Ольга Сергеевна

доцент, к.т.н., доцент образовательного центра "Энергоэффективные инженерные системы"

e-mail: osmalinina@itmo.ru

УДК 621.574.013-932.2

**АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОМБИНИРОВАННОГО ЦИКЛА
АБСОРБЦИОННОЙ ХОЛОДИЛЬНОЙ МАШИНЫ**

Работа выполнена в рамках темы НИР №622295 «Экологически безопасные технологии энергосбережения и повышения эффективности низкотемпературных систем и преобразователей энергии».

Ключевые слова

АБХМ, комбинированный цикл, двухступенчатая генерация, двухступенчатая абсорбция, греющий источник, тепловой коэффициент.

Цели и задачи

В условиях растущего спроса на экологически безопасные и энергоэффективные системы охлаждения абсорбционные холодильные машины (АХМ) привлекают все большее внимание специалистов в отрасли низкотемпературной техники. На сегодняшний день наибольшее распространение получили АХМ, использующие в качестве рабочей пары вещества $H_2O-LiBr$ – водный раствор бромистого лития, так как он обладает хорошими термодинамическими и теплофизическими свойствами, высокими показателями растворимости соли бромистого лития ($LiBr$) в воде и другими преимуществами [1]. Согласно [2–3] абсорбционные бромистолитиевые холодильные машины (АБХМ) эффективно применяются в нефтехимической промышленности при получении сложных химических соединений, в пищевой и текстильной промышленности, а также в составе различных технических систем, в связи с чем исследования в области повышения эффективности циклов АБХМ приобретают еще большую важность. Одним из перспективных направлений в этом плане является внедрение и использование сложных циклов, включая комбинированные варианты. Следовательно, встает задача термодинамического расчета и сравнительного анализа с одноступенчатым (базовым) циклом комбинированного цикла АБХМ с целью оценки его эффективности в зависимости от параметров внешних источников.

Основная часть (методология, результаты)

В настоящее время наиболее известными и распространенными разновидностями АБХМ являются преобразователи теплоты, работающие по одноступенчатому циклу и циклам с двухступенчатой генерацией пара рабочего вещества. Перечисленные циклы хорошо изучены и широко применяются в различных схемах систем кондиционирования воздуха и холодоснабжения. В то же время за последние годы часть исследований была сосредоточена на циклах с двухступенчатой абсорбцией. Использование данных циклов предполагает некоторые потенциальные преимущества перед упомянутыми в самом начале традиционными циклами. Например, к ним можно отнести более низкое потребление энергии в определенных режимах работы АБХМ благодаря снижению кратности циркуляции раствора и тепловой нагрузки на генератор [1].

В данной работе рассмотрен комбинированный цикл, который объединяет в себе циклы АБХМ с двухступенчатой генерацией и двухступенчатой абсорбцией. Для исследования был выбран второй тип системы, схема и цикл которой представлены на рисунке 1.

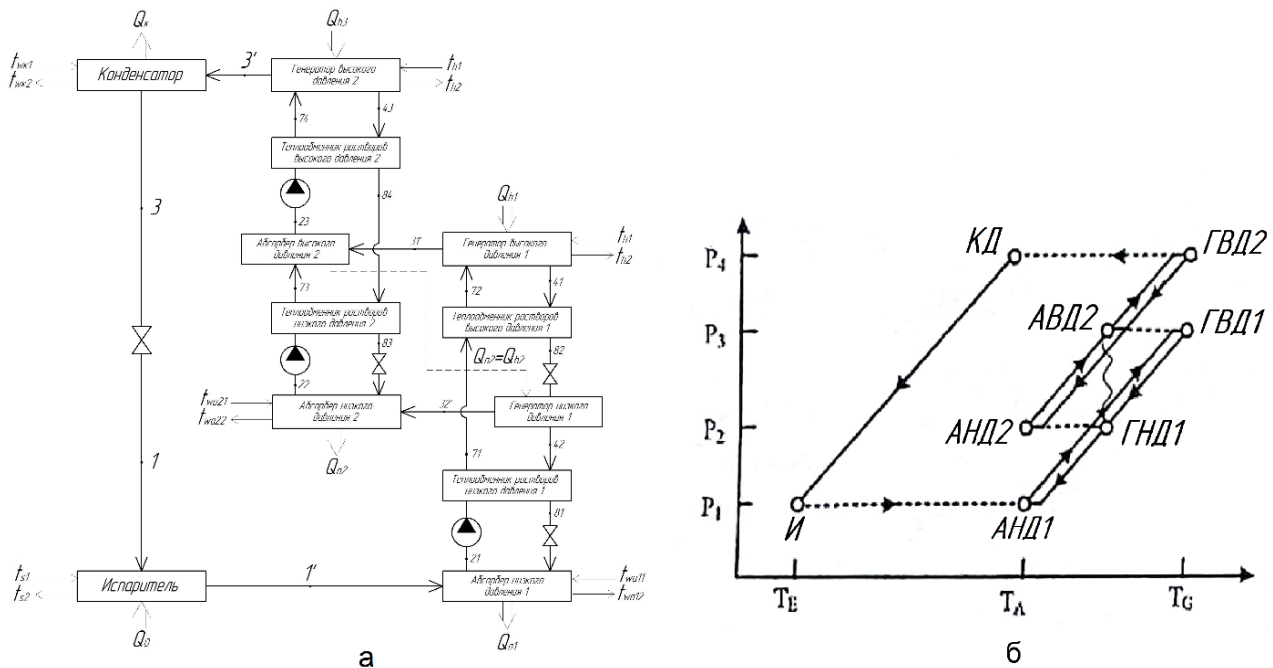


Рис. 1. Структурно-функциональная схема (а) и теоретический цикл (б) АБХМ с двухступенчатой генерацией и двухступенчатой абсорбцией (тип 2)

Главной особенностью рассматриваемого цикла является то, что он состоит из двух растворных контуров. Первый из них функционирует при более высоких концентрациях LiBr в растворе, и в нем реализуется цикл с двухступенчатой генерацией пара рабочего вещества (за счет генераторов высокого давления 1 и низкого давления 1 – ГВД 1 и ГНД 1, соответственно). Другой контур работает при более низких концентрациях LiBr в растворе, достигает более высокого уровня давлений, и в нем реализуется цикл с двухступенчатой абсорбцией (за счет абсорберов низкого давления 2 и высокого давления 2 – АНД 2 и АВД 2, соответственно). Связь контуров осуществляется при помощи ГНД 1 и АНД 2, работающих при промежуточном давлении P_2 , а также при помощи ГВД 1 и АВД 2, работающих при промежуточном давлении P_3 . Подвод теплоты греющего источника к ГВД 1 и ГВД 2 происходит параллельно, как и отвод теплоты абсорбции от абсорбера низкого давления 1

(АНД 1, первый контур) и АВД 2 охлаждающей водой. Тепловая нагрузка ГНД 1 обеспечивается за счет теплоты абсорбции, отводимой от АВД 2 [3].

Для оценки эффективности исследуемого комбинированного цикла проведен его термодинамический расчет на основе создания соответствующей ему методики расчета и математической модели АБХМ. Блок-схема алгоритма расчета цикла с использованием данной модели показана на рисунке 2. Методика расчета составлена с учетом реальных процессов, протекающих в цикле, т.е. были приняты во внимание необратимые потери, которые возникают в элементах АБХМ. В частности, к ним относятся потери давления при перемещении пара рабочего вещества в абсорберы цикла, неполнота насыщения и выпаривания раствора в абсорберах и генераторах, соответственно, неполнота рекуперации и перепад температур в теплообменных аппаратах АБХМ.

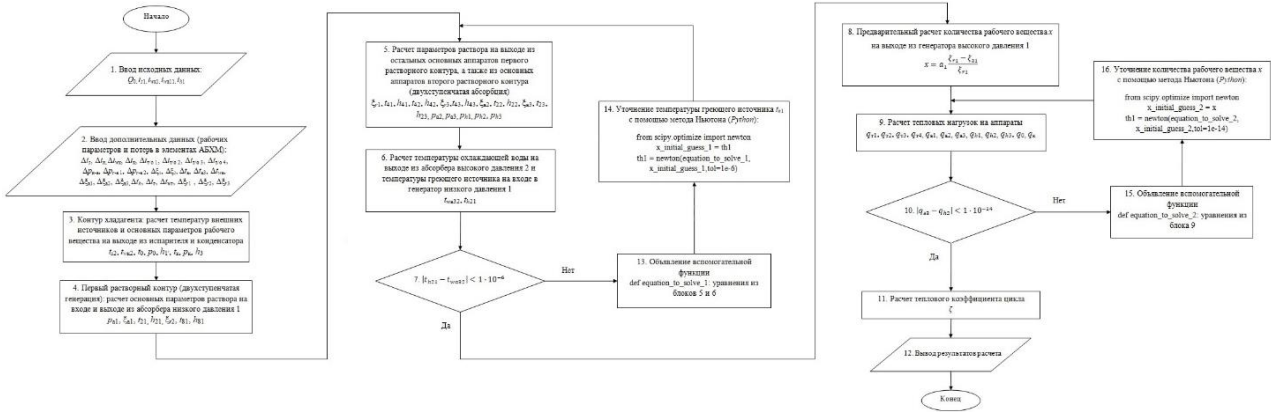


Рис. 2. Блок-схема алгоритма построения математической модели АБХМ, работающей по циклу с двухступенчатой генерацией и двухступенчатой абсорбцией (тип 2), в программной среде *Google Colab* (язык программирования *Python*)

На построенной модели проведен вычислительный эксперимент в зависимости от параметров охлаждаемой и охлаждающей воды. По его результатам определен диапазон температур греющего источника t_{h1} , при котором может быть осуществлен данный цикл. Из рисунка 3 видно, что $t_{h1} = (69,46 \div 77,98)^\circ\text{C}$ при значениях температуры охлаждаемой воды $t_{s1} = (12 \div 19)^\circ\text{C}$ и $t_{h1} = (62,72 \div 109,09)^\circ\text{C}$ при значениях температуры охлаждающей воды $t_{wa11} = t_{wk1} = (20 \div 41)^\circ\text{C}$.

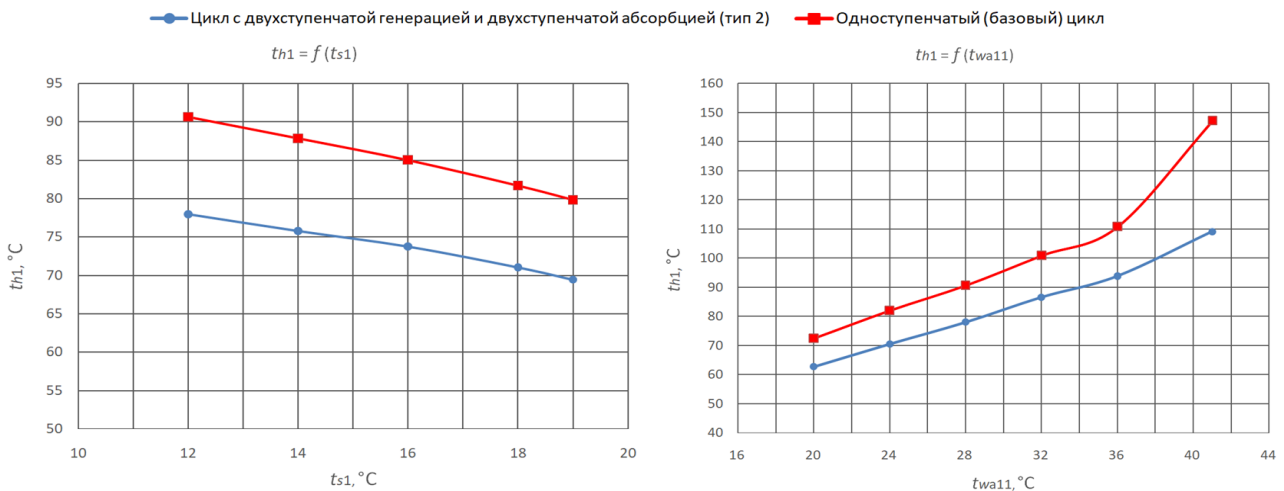


Рис. 3. Графики зависимости температуры греющего источника t_{h1} от температуры охлаждаемой воды t_{s1} и от температуры охлаждающей воды $t_{wa11} = t_{wk1}$

Список использованных источников

1. Абсорбционные преобразователи теплоты / А.В. Бараненко, Л.С. Тимофеевский, А.Г. Долотов, А.В. Попов: Монография. – СПб.: СПбГУНиПТ, 2005. – 338 с.
2. Применение АБХМ в промышленности и энергетике. [Электронный ресурс]. – Режим доступа:
http://teplosibmash.ru/Use_АВНМ/#:~:text=Абсорбционные%20бромистолитиевые%20холодильные%20машины%20ТЕПЛОСИБМАШ,коммунальное%20хозяйство%2C%20сельское%20хозяйство%2C%20тригенерация (дата обращения: 21.05.2024).
3. Абрамов В.И., Малинина О.С. Сравнительный анализ циклов абсорбционных бромистолитиевых холодильных машин // Сборник тезисов докладов конгресса молодых ученых. Электронное издание. – СПб: Университет ИТМО, [2024]. URL: <https://kmu.itmo.ru/digests/article/12162>.

Выпускник

Агафонова Юлия Дмитриевна

институт прикладных компьютерных наук

e-mail: uka132@email.ru

Научный руководитель

Кузнецов Андрей Владимирович

к.т.н., доцент института прикладных компьютерных наук

e-mail: avladimirkuznetsov@sberbank.ru

УДК 577

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАСПОЗНАВАНИЯ ПИСЬМЕННОСТИ ЭПОХИ ПОЗДНЕГО РУССКОГО СРЕДНЕВЕКОВЬЯ И НОВОГО ВРЕМЕНИ, НАПИСАННЫХ СКОРОПИСЬЮ И КУРСИВОМ XV–XIX ВЕКОВ

Ключевые слова

Аугментация данных, машинное обучение, компьютерное зрение, распознавания рукописей, разметка данных, нейронные сети.

Цели и задачи

Цель работы – разработка программного обеспечения для автоматизированного распознавания письменности эпохи позднего русского Средневековья и Нового времени, написанных скорописью и курсивом XV–XIX веков.

Задачи, выполняемые в рамках работы:

1. Проведение анализа предметной области и проблемы.
2. Формирование и разметка набора данных рукописей.
3. Сравнение методов разметки данных и выбор наилучшего в смысле выбранного критерия качества на специально отобранной выборке.
4. Проведение разметки всего набора данных выбранным способом.
5. Экспериментальные исследования модели сегментации и модели распознавания.
6. Проведение экспериментов на расширенном объеме данных с помощью добавления синтетических данных путем аугментации данных для улучшения качества работы алгоритма.
7. Анализ полученных результатов.

Основная часть (методология, результаты)

Проблема распознавания письменности эпохи позднего русского Средневековья и Нового времени важна и актуальна в наши дни. В архивах институтов России, в частности, в Российском Институте истории РАН содержится большое количество архивных рукописей

различного временного периода, которые не транскрибированы до сих пор. Транскрибация рукописей является сложной задачей, так как в течение времени кардинально менялся стиль написания символов отдельно и слов в целом, менялся стиль оформления самих рукописей, в какое-то время существовали декоративные элементы для оформления букв и иных символов в рукописях. Все это требует колоссальных временных затрат и специального образования для того, чтобы рукопись была вручную транскрибирована.

В связи с этим, разработка программного обеспечения, которая позволила бы автоматически транскрибировать рукописи разных времен, написанных разными подчерками, значительно бы ускорила процесс транскрибации архивных рукописей, что внесло бы большой вклад в культурное наследие России, а также в образовательных целях для изучения истории, развития письменности. Кроме того, размеченные в рамках реализации программного обеспечения, рукописи можно использовать для иных моделей обработки текстов, например для мультимодальных.

Перед разработкой самого решения необходимо было разметить данные. Изначально данные были переданы Российским Институтом истории РАН в количестве 217 рукописей. К каждой рукописи был предоставлен отдельный документ, в котором была произведена построчная транскрибация информации с рукописи, как показано на рисунке 1.

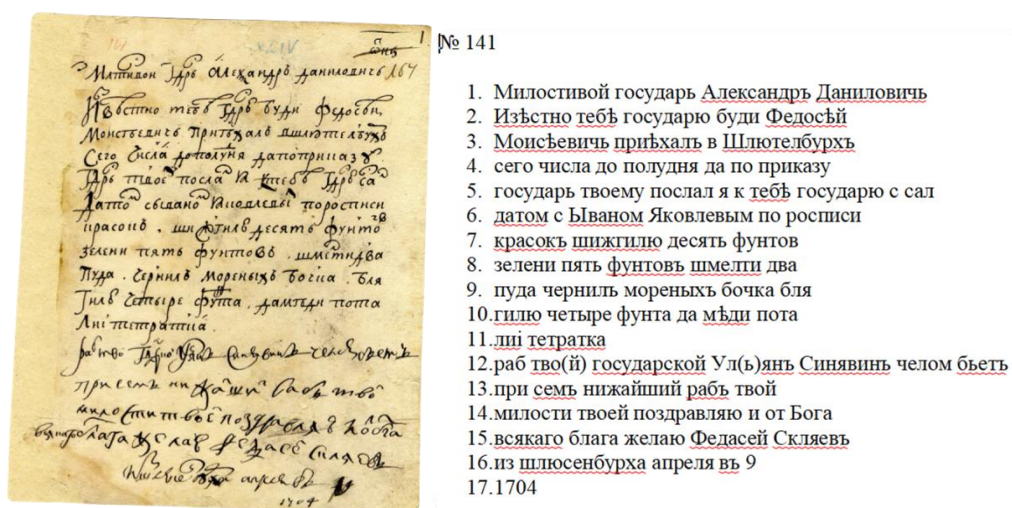


Рис. 1. Пример исходной рукописи и транскрибации к ней

Затем был организован процесс по разметке данных на специализированной платформе с помощью ручной разметки. Разметка выполнялась двумя способами – построчно и пословно. Экспериментальным путем на небольшом наборе данных, было установлено, что при построчной разметке качество распознавания лучше, поэтому было принято решение остановиться на данном формате разметки. Пример разметки рукописи указан на рисунке 2. Таким образом, удалось разметить все 217 рукописей, что составило примерно 3300 строк.

Из-за того, что данных было недостаточно – при обучении также были использованы аугментации для искусственного расширения набора данных. Все аугментации и параметры внутри них подбирались вручную экспериментальным путем. Всего в решении было использовано 17 различных аугментаций.

Перейдем к самому решению. Разработанный алгоритм для распознавания состоял из двух моделей. Сначала вся рукопись целиком была подана в сегментационную модель. Для модели сегментации была выбрана архитектура LinkNet. Архитектура LinkNet показала хорошие результаты на представленном наборе данных для задачи сегментации, обладая при этом относительно небольшим количеством параметров и вычислительной сложностью, что было важно для скорости решения.

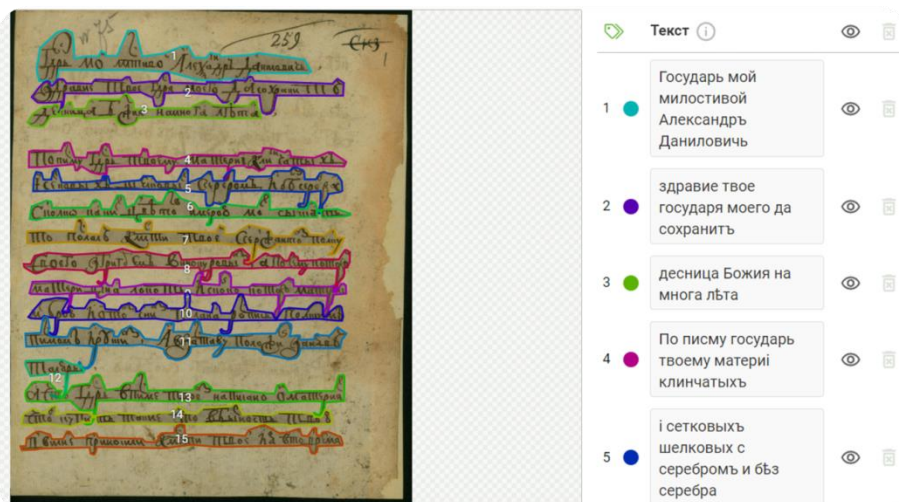


Рис. 2. Построчная разметка рукописи на платформе

Далее, на выходе после сегментирующей нейронной сети мы получили области для распознавания, которые по отдельности подавались на вход другой нейронной сети – CRNN [1]. Это архитектура нейронной сети, которая объединяет в себе сверточные и рекуррентные слои для работы с последовательными данными, в нашем случае с текстом, в задачах распознавания и классификации. В основе CRNN лежит идея использования сверточных слоев для извлечения признаков из входных данных, а затем передачи этих признаков в рекуррентные слои для обработки последовательности данных. Это позволяет модели работать с данными переменной длины и учитывать контекст информации. В качестве набора сверточных слоев была использована архитектура ResNet34, а в качестве рекуррентного блока – BiLSTM [2]. В рамках нашего решения архитектура CRNN была также дополнена методом Connectionist Temporal Classification (CTC) loss [3].

В итоге на выходе мы получаем распознанные последовательности символов для каждого сегмента, которые соединяются в единый текст, который уже является результатом полного распознавания.

Для тестирования разработанного решения исходный набор данных был разбит на три части. Первая часть составляла около 75% от общей суммы размеченных рукописей и на данной части модель обучалась. Далее, оставшиеся 25% от выборки были разделены на две равные части, одна часть была выделена на валидацию и была задействована как валидационная выборка во время обучения, вторая часть была выделена на тестирование модели и в обучении никак не участвовала. Перейдем к результатам работы моделей и итоговым метрикам.

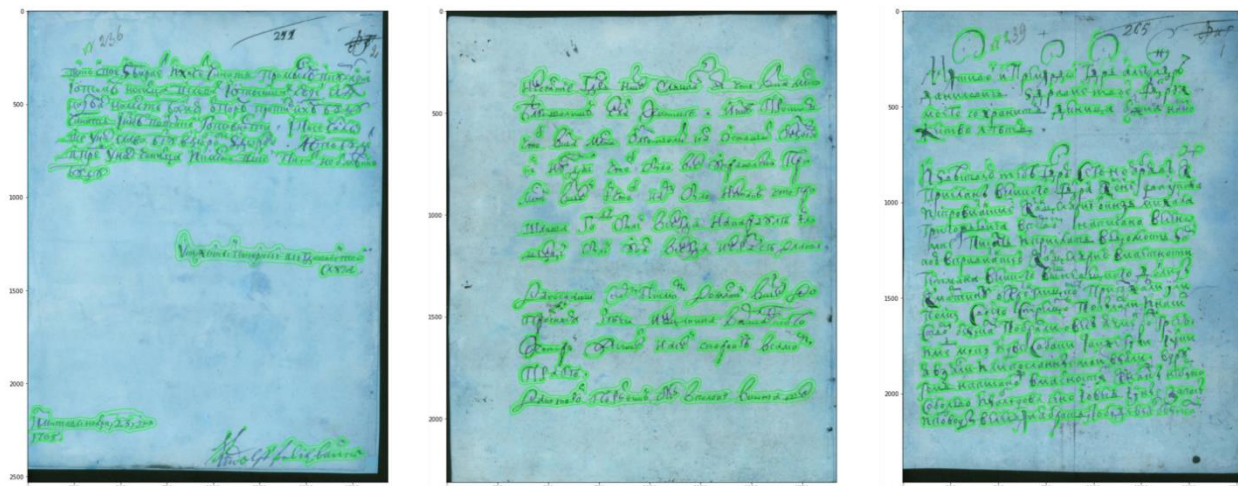


Рис. 3. Пример результатов работы сегментационной модели

После всех экспериментов и подбора наилучших параметров удалось достичь значения ключевой метрики IoU для модели сегментации, равной 39%. Перейдем к анализу работы модели распознавания.

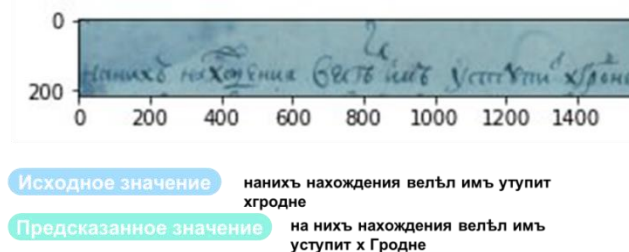


Рис. 4. Пример результата работы модели распознавания

После всех экспериментов и подбора наилучших параметров удалось достичь значения ключевых метрик Word Error Rate и Character Error Rate для модели распознавания, равными 49% и 13%, соответственно.

Как можно увидеть из рисунков, основными ошибками в распознавании модели являются заглавные буквы у имен собственных, а также расстановка пробелов, где-то проблемы ставятся без надобности, а где-то – наоборот, соединяются те слова, которые должны писаться раздельно. Это основные ошибки по итогам ручного просмотра результатов, и они являются незначительными, по мнению экспертов.

В результате выполнения данной работы получилось разработать решение для автоматизированного распознавания письменности, сравнение исходного описания и распознанного описания приведено на рисунке 5.

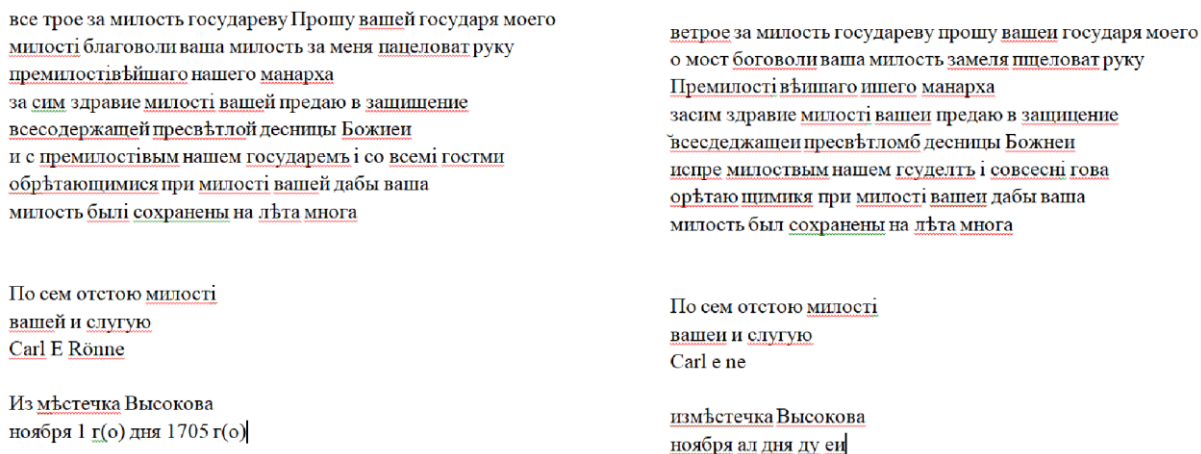


Рис. 5. Исходное описание (слева) и распознанное описание (справа)

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В результате выполнения работы поставленная цель по разработке программного обеспечения для автоматизированного распознавания письменности эпохи позднего русского Средневековья и Нового времени, написанных скорописью и курсивом XV–XIX веков была выполнена.

Был проведение анализа предметной области и проблемы в целом. Также был сформирован обучающий и тестовый набор данных с предварительной разметкой. Были организованы все необходимые коммуникации для получения размеченных данных в нужном объеме к нужному сроку. Было произведено сравнение методов разметки данных и выбор наилучшего в смысле выбранного критерия качества на специально отобранной выборке. Также была проведена разметка всего набора данных отобранном способом. Проведены

экспериментальные исследования модели сегментации и модели распознавания, а также проведены эксперименты на расширенном объеме данных с помощью добавления синтетических данных путем аугментации данных.

В итоге было сформировано решение, которое распознает рукописи с ключевыми метриками Word Error Rate и Character Error Rate, равными 49% и 13%, соответственно, и которое сегментирует рукописи с ключевой метрикой IoU, равной 39%.

На текущий момент разработанное решение применимо для ускорения процесса транскрибации не распознанных рукописей и позволяеткратно сократить количество специалистов и времени, необходимых для транскрибации рукописи. Также данное решение возможно использовать в образовательных целях в исторических университетах и иных учебных заведениях и также данное решение возможно использовать для распознавания иных подобных доменов схожего происхождения более позднего времени.

Список использованных источников

1. He K., Gkioxari G., Doll'ar P., Girshick R. Mask R-CNN // 2017 IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV). – 2017. – Pp. 2961–2969. IEEE (2017). <https://doi.org/10.1109/iccv.2017.322>.
2. Siami-Namini S., Tavakoli N., Namin A.S. The Performance of LSTM and BiLSTM in Forecasting Time Series // 2019 IEEE International Conference on Big Data (Big Data), Los Angeles, CA, USA. – 2019. – Pp. 3285–3292. DOI: 10.1109/BigData47090.2019.9005997.
3. Github: CTC beam search decoding for PyTorch. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://github.com/parlance/ctcdecode> (дата обращения: 20.06.2024).

Выпускник

Адельшина Элина Валерьевна
центр химической инженерии
e-mail: elina.adelshina@yandex.ru

Научный руководитель

Петров Александр Иванович
к.т.н., преподаватель центра химической инженерии
e-mail: aipetrov@itmo.ru

УДК 57.08

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА БИБЛИОТЕК ДНК ДЛЯ СЕКВЕНАТОРОВ ВТОРОГО ПОКОЛЕНИЯ НАНОФОР СПС

Ключевые слова

Неденатурирующий форец, контроль качества библиотек ДНК, НАНОФОР 05, библиотеки ДНК, секвенирования ДНК, геномика, биоинформатика, геномные библиотеки.

Цели и задачи

Целью данной работы является разработка математического аппарата, обеспечивающего контроль качества геномных библиотек для секвенатора второго поколения НАНОФОР СПС. Задачу контроля качества предлагается решать на секвенаторах первого поколения НАНОФОР 05 (по Сэнгеру) [1].

Основная часть (методология, результаты)

Геномная библиотека представляет собой набор двуцепочечных фрагментов ДНК, отличающихся между собой по длине [2]. В зависимости от типа анализа длина фрагментов может лежать в диапазоне 100–600 пар нуклеотидов. Для регистрации в секвенаторе НАНОФОР 05 фрагменты ДНК библиотеки прокрашиваются красителем Pico Green. В библиотеку добавляется стандарт длин – два фрагмента ДНК известной длины и концентрации: первый фрагмент имеет длину, меньшую, чем длина геномной библиотеки, а второй – большую. Измерения проводятся в режиме неденатурирующего электрофореза. Параллельно с геномной библиотекой проводится анализ стандартной лестницы – набора фрагментов ДНК известной длины и концентрации. В результате получают две фореграммы:

1. Фореграмма геномной библиотеки.

2. Фореграмма стандартной лестницы.

Процедура оценки качества фрагментов ДНК включает в себя оценку чистоты (отсутствие примесей), расчет концентрации, расчет вероятных длин фрагментов и оценку целостности (деградации). Отсутствие примесей оценивается по наличию дополнительных пиков на фореграмме. Расчет концентрации и длин фрагментов осуществляется при анализе фореграмм геномной библиотеки и стандартной лестницы. Целостность оценивается по интенсивности сигнала (высоте пика) геномной библиотеки.

В ходе работы был разработан алгоритм в программном пакете MATLAB, состоящий из трёх основных этапов:

- 1) Анализ стандартной лестницы:
 - a. Внесение теоретических значений концентраций и длин фрагментов стандартной лестницы,
 - b. Идентификация всех пиков стандартной лестницы с расчетом времени выхода и площади каждого пика.
- 2) Анализ геномной библиотеки:
 - a. Очистка экспериментальных данных от шума,
 - b. Обнаружение пиков стандарта длин и локальных пиков в пике геномной библиотеки с расчетом времени выхода и площади каждого пика,
 - c. Проверка наличия артефактов и ложных пиков по площади и времени выхода,
 - d. Приведение фореграммы геномной библиотеки к фореграмме стандартной лестницы.
- 3) Формирование отчёта:
 - a. Аппроксимация полиномом четвёртой степени для определения длин фрагментов и концентраций по стандартной лестнице,
 - b. Пересчет фореграммы геномной библиотеки в значения длина- концентрация с использованием коэффициентов полинома,
 - c. Вывод на экран итоговой фореграммы и таблицы с параметрами длин и концентраций фрагментов ДНК геномной библиотеки.

Пример результата этапа анализа геномной библиотеки представлен на рисунке.

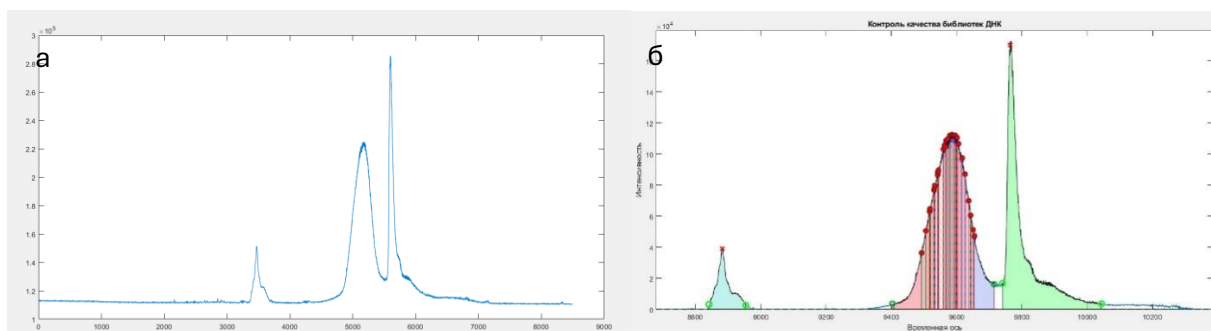


Рисунок. Геномная библиотека: а) до этапа анализа геномной библиотеки; б) после этапа анализа геномной библиотеки

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

Был разработан и реализован алгоритм оценки качества геномных библиотек в программном пакете MATLAB. Алгоритм выполняет следующие задачи:

1. Определяет длины и концентрации фрагментов ДНК геномной библиотеки.
2. Определяет наличие или отсутствие примесей в геномной библиотеке.
3. Оценивает целостность фрагментов ДНК геномной библиотеки.

Бюллетень работ конкурса «Научный Эверест» Университета ИТМО

Разработанный алгоритм после апробации с большим количеством данных будет рекомендован к внедрению в состав базового программного обеспечения секвенатора НАНОФОР 05, что позволит использовать секвенатор НАНОФОР 05 для контроля качества геномных библиотек при проведении исследований на секвенаторах второго поколения НАНОФОР СПС.

Список использованных источников

1. НАНОФОР 05. Руководство пользователя: версия 03/2022. – 2022. – 216 с.
2. Аукенов Н.Е., Масабаева М.Р., Хасанова У.У. Выделение и очистка нуклеиновых кислот. Состояние проблемы на современном этапе // Наука и здравоохранение. – 2014. – №. 1. – С. 51–53.

Выпускник

Айрапетова Лаура Вячеславовна

институт международного развития и партнерства

e-mail: lauraairapetova@mail.ru

Научный руководитель

Турсун-Заде Рустам Тимурович

доцент института международного развития и партнерства

e-mail: rustam.tursunzade@gmail.com

УДК 614.2

TUBERCULOSIS AND HIV IN RUSSIA: NATIONAL REGISTRY DATA ANALYSIS

Ключевые слова

HIV, tuberculosis, co-infection, epidemiology, data analysis.

Цели и задачи

This research aims to describe national registry data analysis of patients diagnosed with TB, HIV, or both in Russia from 2017 to 2022 for better understanding of epidemiological situation. To achieve this research goal, we have established the following objectives: 1. Describe the data from national TB, HIV, and TB/HIV co-infection registries from 2017 to 2022. 2. Assess the basic quality of data collection in these registers. 3. Portray a patient with HIV, TB, or TB/HIV co-infection: sociodemographic characteristics, ways of contraction, etc.

Основная часть (методология, результаты)

This is a retrospective register-based study including all patients who initiated treatment for TB and HIV in Russia from January 1, 2017, to December 31, 2022.

Two national data sources were used: the “Federal Register of Persons with Tuberculosis” (FRPT) and the “Federal Register of Persons Infected with Human Immunodeficiency Virus” (FRPHIV), and the HIV/TB co-infection table, which was created based on FRPHIV and FRPT. Access to data was provided by the “National Medical Research Center for Phthisiopulmonology and Infectious Diseases”. The data extract was performed on November 22, 2023.

In all registers the proportion of males was higher compared to females, this proportion was the highest in the HIV/TB co-infection table and the lowest in the HIV register (figure 1). The majority of people from the FRPHIV and FRPT registers were citizens of the Russian Federation – 99.67% and 98.43% respectively, for HIV/TB we did not have access to the citizenship data. Among non-

Russian citizenships, the biggest number of tuberculosis infected individuals was found among citizens of Tajikistan (25%), Uzbekistan (17%), Kyrgyzstan (17%) and Ukraine (15%), for HIV among citizens of Ukraine (40%), Belarus (17%) and Uzbekistan (10%). Regarding federal districts, Siberian and Volga districts were found to be the most affected ones in the Russian Federation. Volga was the leading one for HIV (25%), and Siberian for tuberculosis (23%) and HIV/TB co-infected individuals (30%).

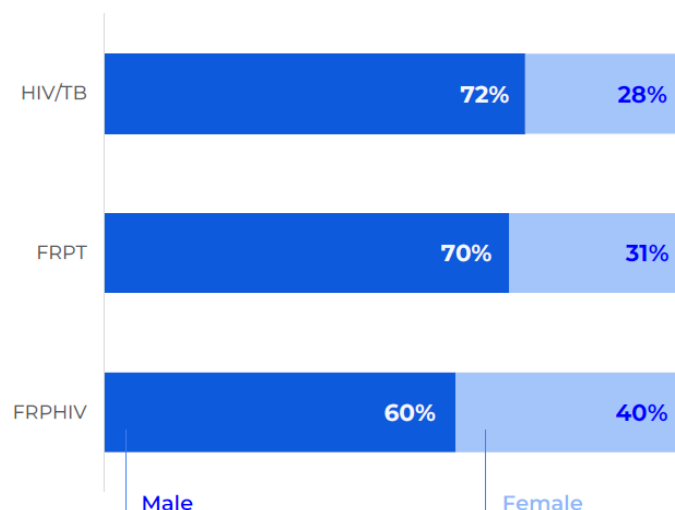


Fig. 1. Sex distribution among registers

In the FRPHIV register, the leading circumstance of HIV detection was examination for clinical indications (17.7%) followed by voluntary testing (13.7%). Heterosexual HIV transmission route was the leading one (37.4%), transmission associated with drug use and through homosexual contact accounted to 12.7% and 1.6% of cases respectively. Regarding the gender-related characteristics, heterosexual HIV transmission route (29.85% for males, 48.92% for females, $p>0.05$), associated with drug use (17.16% vs. 5.96%, $p>0.05$), homosexual (2.56% vs. 0.09%, $p>0.05$). The majority of people in the HIV register were unemployed (37.4%). Notably, for all of those characteristics almost half of data was missing and for circumstances of HIV detection data was missing fully for years 2018 and 2020. Those fields, as well as many others, are not mandatory to fill in and it affects the level of information availability. It means that the real distribution might differ sufficiently from the ones that we observed.

In FRPT register, diagnosis of TB was not confirmed bacteriologically for the majority of adults (50.6%) and children (77.2%), was confirmed for 44.9% of adults and there was no information for 16.6% of children. It means that for a sufficient number of TB patients the diagnosis was established based on other, less accurate, features. Additionally, due to the peculiarities of the course of TB in children, it can be difficult to identify MBT, however, it should be the main goal in the diagnosis of TB.

Regarding incidence rates of infections, presented on Figure 2, we observe a trend toward a significant decrease and further stabilization for both diseases. We observe a sufficient decrease in the incidence in 2020 which can be explained by the burden of COVID-19 pandemic that overloaded the Russian healthcare system and did not allow the detection of new cases at the same rate as before [1]. However, the decrease of TB is supported by existing data. By 2021, Russia has left of the top three countries with a high global burden of TB [2]. The trend that we observed is consistent with the previous research, however, our estimates in 2022 are lower by 10 [3].

For HIV/TB co-infected patients, the mortality rate, presented on Figure 3, increased sufficiently through 2017–2019. This data goes against the global trend, provided by WHO, where the mortality decreases through years, although it matches the European region data, where the rate increases within 2019 to 2021 and then slopes down [4]. However, at the peak of mortality in 2021, the rate in the European region was equal to 0.94 per 100000 people, while in Russia at the same year it was 5.25. Only the African region had a higher rate – 12. We cannot compare the results to death

data on HIV and TB separately since we did not have access to the dates of deaths. Generally, such an increase in mortality raises doubts. Although, we can conclude that within the past years high rates of deaths among HIV/TB comorbid patients might be a major issue to the Russian healthcare system.

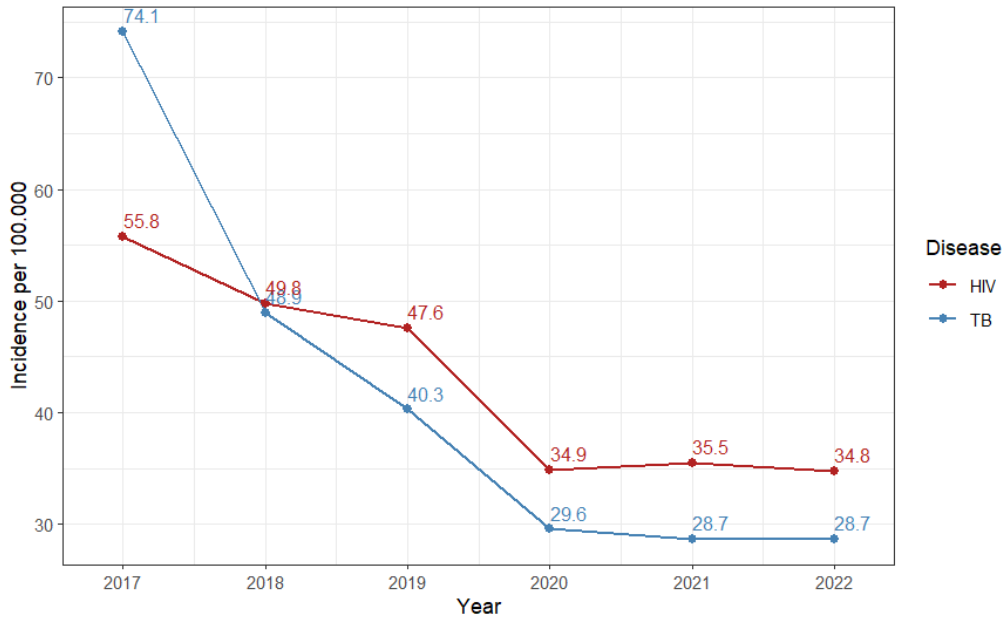


Fig. 2. Yearly dynamic of HIV and TB incidence rate per 100000 people in Russia

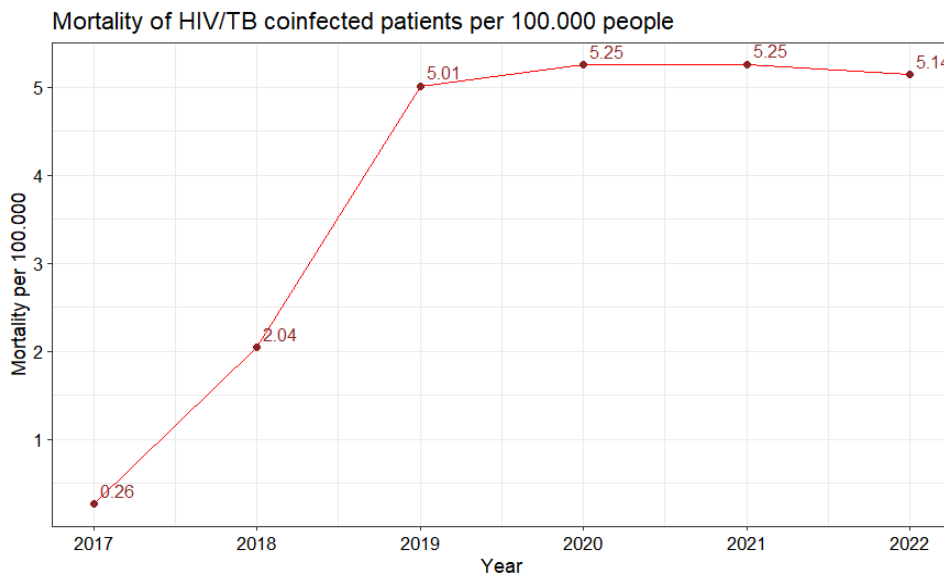


Fig. 3. Crude mortality rate of HIV/TB coinfecting patients per 100.000 people in Russia

To conclude, we can portray a person with HIV, TB or both diagnoses based on the registers. HIV-infected patient is most likely an unemployed male Russian citizen that was diagnosed with HIV during a medical examination for clinical indications at the age of around 38 and got infected with HIV through heterosexual contact.

A patient with TB is most likely a male Russian citizen that permanently lives in Russia and was newly diagnosed with TB at the age of around 42 diseased non-resistant form of TB with no data on chemotherapy and his diagnosis was not confirmed bacteriologically.

A patient with HIV/TB comorbidity is expected to be male assigned for ART with non-resistant form of TB and no info about chemotherapy. However, compared to a patient without HIV, he is more likely to have a drug resistant form of TB. His risks of dying are higher compared to HIV infected individuals.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

In this research national registry data analysis of patients diagnosed with TB, HIV, or both in Russia from 2017 to 2022 was performed. As a result, it was established that for a number of characteristics, such as HIV transmission, type of tuberculosis treatment and other, the data was missing sufficiently and it means that recordkeeping has to be improved.

In the further research it is planned to investigate potential correlations between different characteristics, statistical testing and analyses of characteristics such as contingent code in FRPHIV, mortality rates of HIV and TB and other.

Список использованных источников

1. Note on HIV infection in the Russian Federation, 30 September 2020. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.hivrussia.info/wp-content/uploads/2020/11/Spravka-VICH-v-Rossii-9-mes-2020.pdf> (дата обращения: 20.06.2024).
2. WHO releases new global lists of high-burden countries for TB, HIV-associated TB and drug-resistant TB. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.who.int/news/item/17-06-2021-who-releases-new-global-lists-of-high-burden-countries-for-tb-hiv-associated-tb-and-drug-resistant-tb> (дата обращения: 20.06.2024).
3. Ogarkova D. et al. Current Trends of HIV Infection in the Russian Federation // *Viruses*. – 2023. – №. 11 (15). – P. 2156.
4. TB mortality. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.who.int/teams/global-tuberculosis-programme/tb-reports/global-tuberculosis-report-2023/tb-disease-burden/1-2-tb-mortality> (дата обращения: 20.06.2024).

Выпускник

Александрова Дарья Дмитриевна

факультет технологического менеджмента и инноваций

e-mail: stella0700@yandex.ru

Научный руководитель

Савченков Сергей Анатольевич

к.т.н., доцент факультета технологического менеджмента и инноваций

e-mail: Savchenkov.tlc@bk.ru

УДК 347.77

РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО КОММЕРЦИАЛИЗАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ РОССИЙСКИХ УНИВЕРСИТЕТОВ

Ключевые слова

Малое инновационное предприятие, академический капитализм, коммерциализация интеллектуальной собственности, трансфер технологий, университетская спин-офф компания.

Цели и задачи

Целью работы является разработка рекомендаций по совершенствованию системы коммерциализации результатов интеллектуальной деятельности высших учебных заведений. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи: изучить нормативно-правовые основы создания и функционирования малых инновационных предприятий (МИП) в Российской Федерации; изучить методы применения МИП как инструмента коммерциализации результатов интеллектуальной деятельности (РИД) в высших учебных заведениях; проанализировать практику коммерциализации РИД высших учебных заведений через создание МИП в Российской Федерации и за рубежом; проанализировать существующие меры поддержки в Российской Федерации университетских МИП; выявить барьеры развития практики коммерциализации РИД высших учебных заведений Российской Федерации через создание МИП; разработать рекомендации по повышению эффективности коммерциализации РИД высших учебных заведений Российской Федерации через создание МИП.

Основная часть (методология, результаты)

В работе проанализированы тренды создания и коммерциализации РИД университетов Российской Федерации, в частности, изучены данные отчета Роспатента за 2023 год [1], а также результаты мониторинга деятельности образовательных организаций высшего

образования за 2023 год, проведенного ГИВЦ Рособразование [2]. Доказано, что вузы обладают большим научным и коммерческим потенциалом, ежегодно демонстрируя положительную динамику подачи заявок на регистрацию объектов интеллектуальной собственности и высокий уровень развития внутренней инновационной деятельности, однако доля коммерциализации РИД не достигает высоких значений.

Университеты могут осуществлять коммерциализацию РИД тремя способами:

- лицензирование;
- отчуждение исключительных прав;
- создание малых инновационных предприятий.

Последний способ в России на сегодняшний день является наименее используемым и результативным, но, основываясь на опыте других стран, наиболее перспективным способом коммерциализации результатов интеллектуальной деятельности, требующим глубокого всестороннего анализа, посредством которого могут быть выработаны практические рекомендации для высших учебных заведений Российской Федерации.

Изучены нормативно-правовые основы создания и функционирования МИП в Российской Федерации. Установлено, что существующая нормативно-правовая база трансформируется с 2007 года по настоящее время и на сегодняшний день является достаточной для вывода инновационной продукции вузов на реальный рынок через создание МИП. При этом выявлен ряд проблем, которые ограничивают рост эффективности процесса создания, функционирования и закрытия МИП в Российской Федерации, наиболее значимой из которых является наличие значительного количества бюрократических препятствий при совершении любых юридически значимых действий в ходе создания и управления МИП.

Далее проведен анализ зарубежного опыта коммерциализации РИД университетов через создание МИП (спин-офф или спин-аут компаний), в рамках которого выявлены страны-лидеры (США, Великобритания, страны ЕС) в области развития университетских МИП, установлены основные факторы, влияющие на успешность создания и развития МИП в этих странах, а также подтверждена перспективность исследуемого способа коммерциализации РИД.

Изучен опыт коммерциализации РИД университетов России через создание МИП. Установлено, что по сведениям на 2023 год в РФ в базе Минобрнауки России [3] зарегистрированы 1488 действующих МИП с пиком их регистрации в 2010–2012 года, при этом на основе финансовых показателей действующих МИП можно заключить, что количество эффективных МИП составляет около 430.

Проведен анализ существующих мер поддержки МИП университетов в Российской Федерации. Установлено, что основными источниками прямой финансовой поддержки выступают инвестиционные фонды, как частные, так и созданные с государственным участием. Выявлен ряд проблем, которые снижают эффективность процесса создания и функционирования МИП, заключающихся в общем смещении спектра предлагаемых мер в сторону косвенной финансовой поддержки, наличии значительного числа бюрократических препятствий к получению различных льгот, а также недостаточности мер методической поддержки.

Проведен анализ текущей эффективности МИП университетов Российской Федерации на основании полученных по запросу данных необязательного мониторинга эффективности действующих предприятий за 2023 год. Установлено, что на сегодняшний день по финансовым показателям отечественные МИП значительно уступают зарубежным, однако существуют успешные примеры, подтверждающие возможности и перспективы использования МИП как инструмента коммерциализации разработок вузов.

Через декомпозицию всех этапов процесса создания и коммерциализации РИД выявлены и обобщены существующие проблемы коммерциализации РИД высших учебных заведений РФ через создание МИП, заключающиеся в:

- наличии бюрократических препятствий, обусловленных действующим законодательством;

- нехватке кадров;
- недостаточном уровне предварительной подготовки к созданию МИП;
- недостаточном уровнем стратегического планирования на ранних стадиях процесса коммерциализации РИД через создание МИП;
- недостаточным уровнем методической поддержки развивающихся предприятий;
- низким уровнем связи университетов с реальным промышленным сектором.

Для решения выявленных проблем с учетом изученных материалов, разработаны рекомендации по совершенствованию процесса коммерциализации РИД через создание МИП в университетах РФ, заключающиеся в:

- рекомендациях по изменению действующего законодательства;
- рекомендациях по изменению внутренней работы университетов.

Предлагаемые рекомендации по изменению нормативно-правовых актов:

1. Внесение изменений в п-п. 2,5 ст. 103 ФЗ № 273-ФЗ:

- в п. 2 предлагается убрать прямое указание на возможность внесения только права использования РИД через заключение лицензионного договора;
- в п. 5 предлагается убрать указание на необходимость получения согласия собственника, то есть Минобрнауки РФ, при распоряжении долями или акциями в УК или СК МИП, возможна замена на уведомление о факте осуществления действия.

2. Вывод из Постановления Правительства РФ № 677 указания о необходимости согласования распоряжения имуществом, находящимся в управлении университета, с собственником этого имущества, заменив его уведомлением о факте установления арендных отношений.

3. Внесение изменений в налоговое законодательство, закрепляющих налоговые льготы для университетов по объектам, которые планируется передавать в УК (СК) МИП (имущественный налог).

4. Закрепление порядка ликвидации МИП.

В качестве рекомендаций для университетов предлагается изменение подхода к работе с МИП на более корпоративный, в частности за счет введения системы предпроектной подготовки, включающей в себя проведение патентных и маркетинговых исследований, оценку коммерческого потенциала разработки, построение canvas-модели проекта, а также выбор схемы коммерциализации.

В ходе работы разработаны схемы коммерциализации РИД через создание малых инновационных предприятий, рекомендуемые к использованию при различных исходных условиях и обеспечивающие возможность долгосрочного стратегического планирования на стадии создания компании. В частности, предложены следующие схемы:

- схема самостоятельного развития МИП (рис. 1);
- схема развития МИП при участии индустриального партнера (рис. 2);
- схема использования МИП как долгосрочного инструмента коммерциализации РИД одной направленности (рис. 3);
- схема развития МИП как совместного предприятия ВУЗа и индустриального партнера (рис. 4).

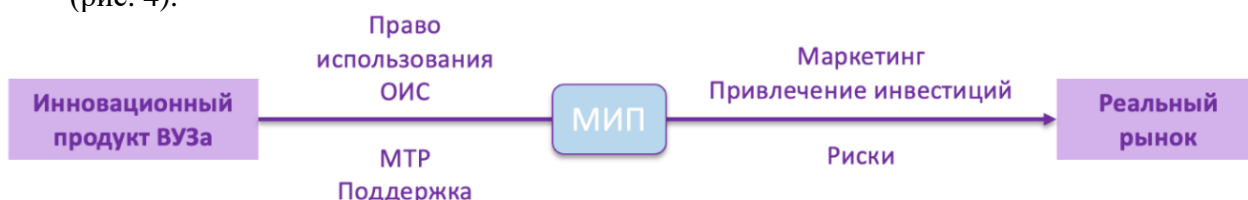


Рис. 1. Схема коммерциализации РИД университетов через создание МИП©

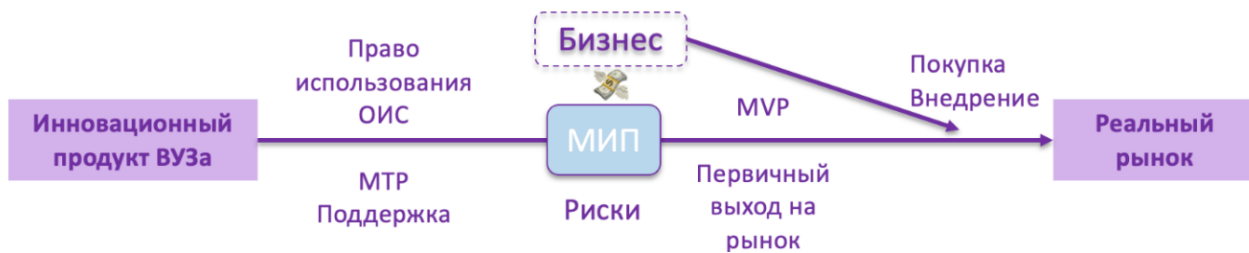


Рис. 2. Схема коммерциализации РИД университетов через создание МИП[©]

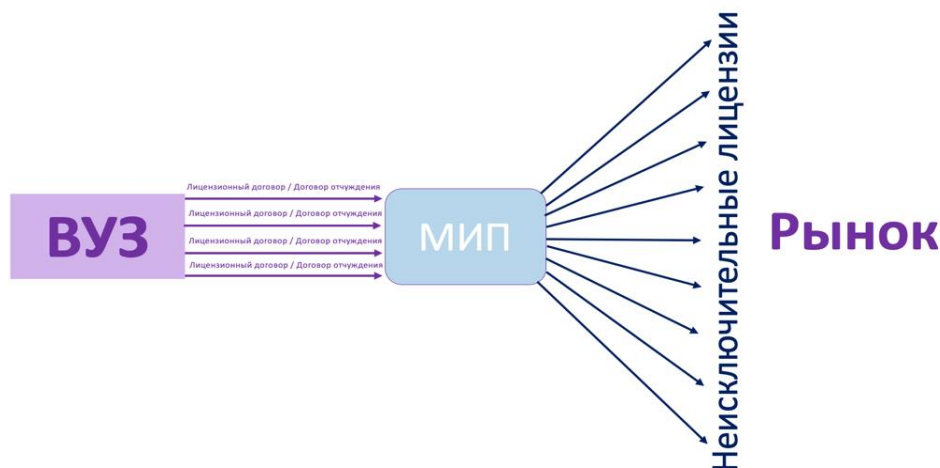


Рис. 3. Схема коммерциализации РИД университетов через создание МИП[©]

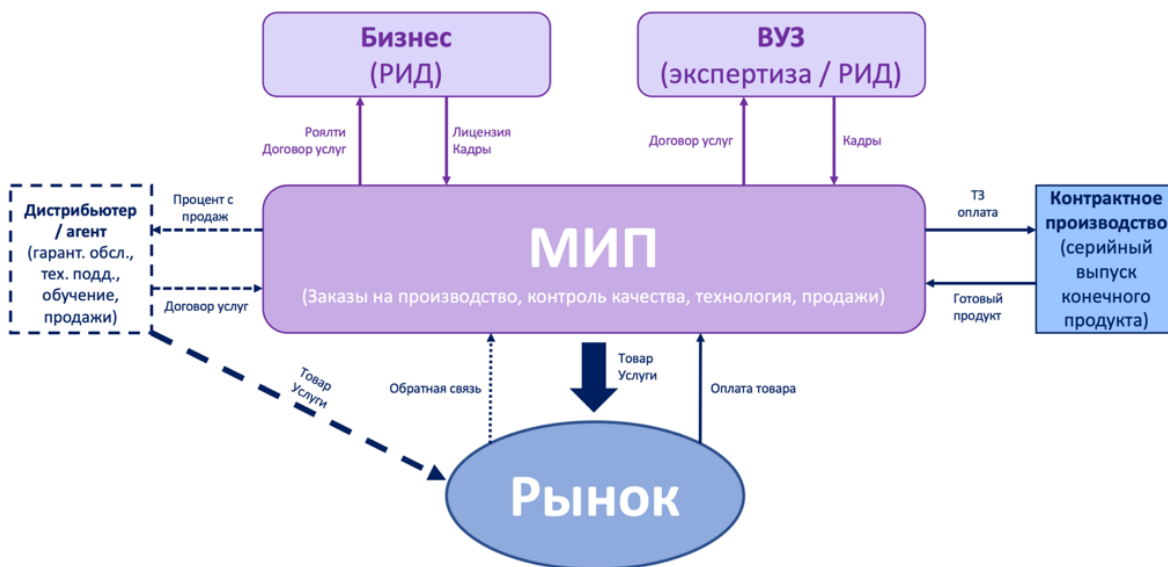


Рис. 4. Схема коммерциализации РИД университетов через создание МИП[©]

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В ходе работы были изучены и проанализированы данные по коммерциализации РИД университетов, в частности через создание малых инновационных предприятий, как в России, так и за рубежом. Выявлены основные существующие на сегодняшний день в этой области проблемы, разработаны рекомендации по изменению нормативно-правового поля и внутренней работы вузов, направленные на решение этих проблем.

В дальнейшей работе планируется апробация разработанных рекомендаций на реальных малых инновационных предприятиях и их доработка на основании полученных результатов.

Список использованных источников

1. Годовой отчет Федеральной службы по интеллектуальной собственности за 2023 год. Под редакцией Ю.С. Зубова, О.П. Неретина. — Москва: ФИПС, 2023. — 180 с.
2. Информационно-аналитические материалы по результатам проведения мониторинга деятельности образовательных организаций высшего образования. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://monitoring.miccedu.ru/?m=vpo&year=2023> (дата обращения: 06.02.2024).
3. Учет и мониторинг малых инновационных предприятий научно-образовательной сферы. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://mip.extech.ru/index.php> (дата обращения: 16.12.2023).

Выпускник

Альтергот Алина Владимировна

факультет технологического менеджмента и инноваций

e-mail: avaltergott@itmo.ru

Научный руководитель

Сергеева Ирина Григорьевна

д.э.н., профессор, доцент факультета технологического менеджмента и инноваций

e-mail: igsergeeva@itmo.ru

УДК 378.1

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА В СФЕРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Ключевые слова

Система менеджмента качества, система управления проектами Джиря, чек-лист, оценка эффективности, образовательная деятельность, система 360, IT-инструменты.

Цели и задачи

В условиях глобализации и усиления конкуренции на рынке образовательной деятельности, образовательные организации сталкиваются с необходимостью постоянного совершенствования своих систем управления качеством [2]. В свою очередь, это требует разработки и внедрения эффективных методов оценки, которые позволят не только отслеживать текущее состояние системы менеджмента качества, но и определять направления для дальнейшего развития образовательной организации. Для достижения данной цели были определены следующие задачи: изучить понятия, теоретические основы системы менеджмента качества в сфере образовательной деятельности; изучить алгоритмы и способы внедрения инструментов управления качеством в образовательной организации; разработать бизнес-процессы для внедрения и работы IT-инструментов системы менеджмента качества на базе образовательной организации; разработать чек-лист реализации задач по внедрению IT-инструментов на базе образовательной организации.

Основная часть (методология, результаты)

Практическая значимость исследования заключается в возможности использования полученных результатов для совершенствования методов оценки эффективности СМК в образовательных организациях, что будет способствовать повышению качества образовательной деятельности и удовлетворению потребностей всех заинтересованных сторон. Для внедрения IT-инструментов на базе образовательной организации был разработан сначала алгоритм beta версии внедрения системы Джиря, а затем полной версии системы.

Также, в работе был разработан чек-лист для проведения внутреннего аудита, посчитана результативность от внедрения предлагаемых IT-инструментов.

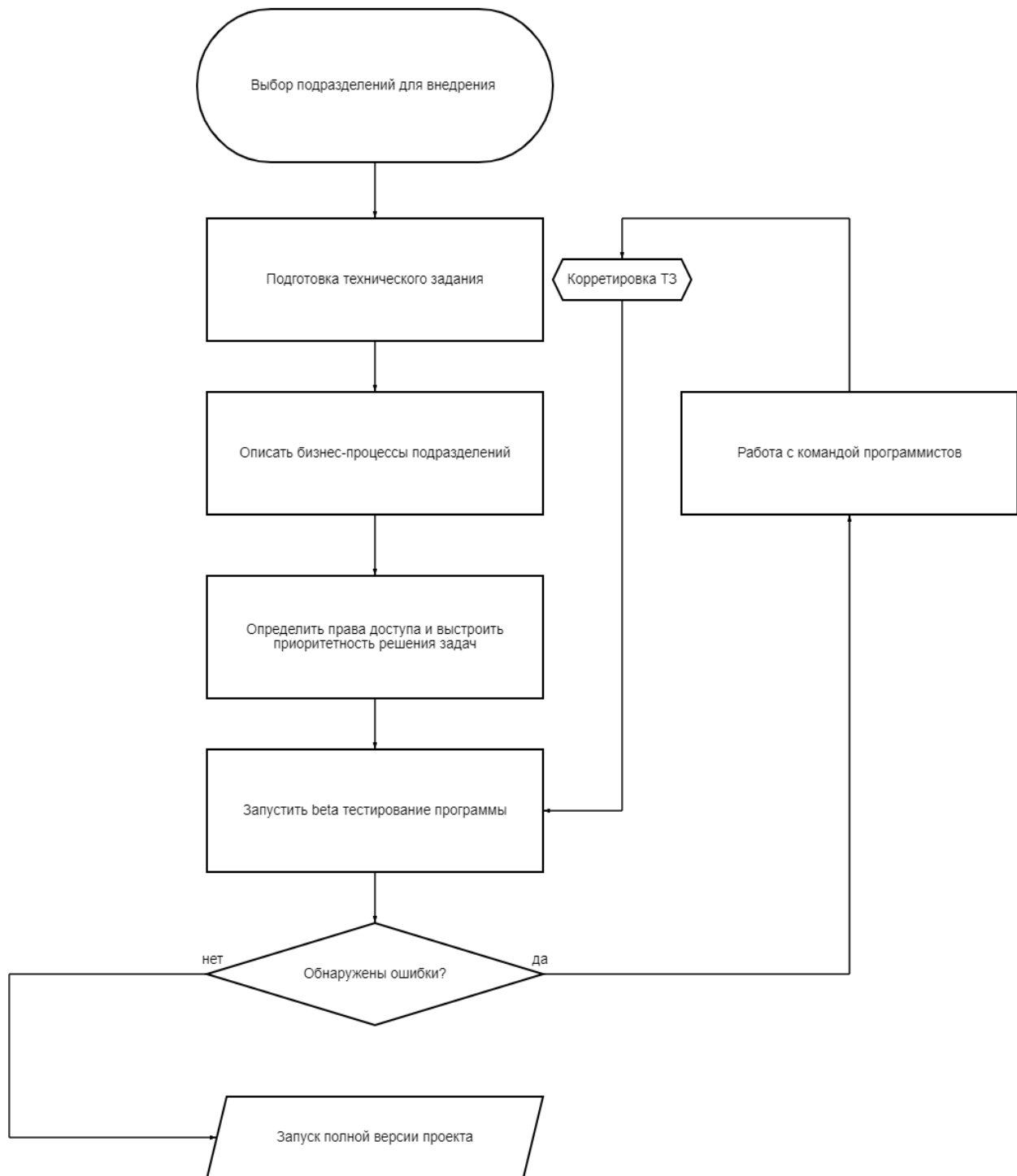


Рис. 1. Алгоритм тестирования beta версии системы Джира

Алгоритм внедрения системы Джира на базе образовательной организации может быть следующим: пишется техническое задание, описываются бизнес-процессы отделов, настраивается список подразделений, определяются права доступа и выстраивается приоритетность решения каждой задачи. После того как beta версия успешно протестирована, можно начинать полноценный процесс внедрения системы с полным переносом всех задач. В таблице 1 отражены положительные и отрицательные стороны внедрения системы Джира [1].

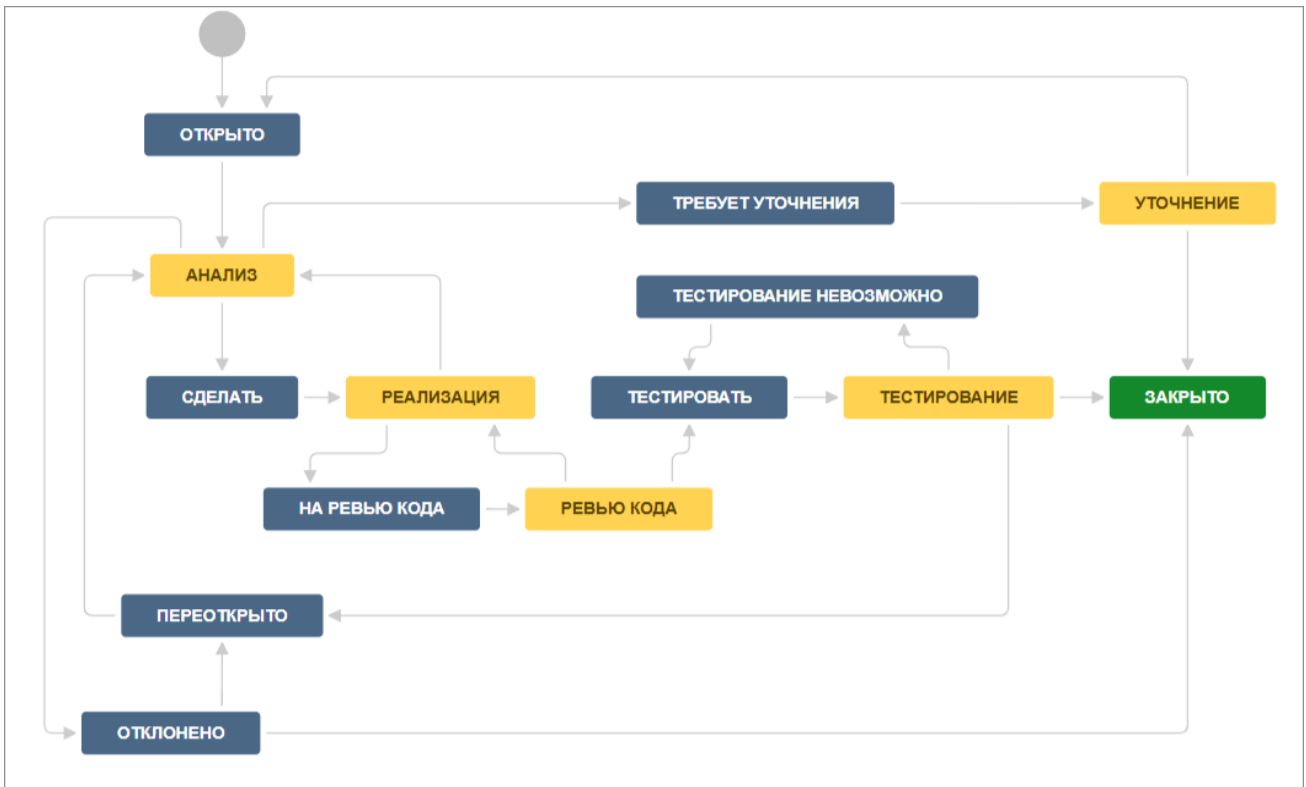


Рис. 2. Базовый пример настройки бизнес-процесса в Джире

Таблица 1. Положительные и отрицательные стороны внедрения системы Джире

Плюсы	Минусы
сервис позволяет управлять несколькими задачами одновременно	продолжительная адаптация сотрудников к интерфейсу работы данной системы
высокая скорость передачи данных между отделами	трудоемкое подключение к системе и перенос всех необходимых данных
кроссбраузерность; возможность отслеживания каждой заявки с присвоенным ей компонентом	отсутствие определенной нормативно-правовой базы для четкой и последовательной организации работ по созданию СМК в образовательной организации



Рис. 3. Схема круговой оценки системы 360

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В ходе работы были изучены понятия, теоретические основы системы менеджмента качества в сфере образовательной деятельности. Изучен алгоритм и способ внедрения IT-инструментов управления качеством. Разработан бизнес-процесс, который упрощает внедрение IT-инструментов системы менеджмента качества на базе образовательной организации. Разработаны два чек-листа. Чек-лист по посещению занятий позволяет определить последовательность действий для экспертов, согласно которому можно будет систематизировать компетенции каждого сотрудника. Чек-лист по оценке работы в системе Джера помогает эксперту действовать строго тому алгоритму, по которому можно наиболее эффективно оценить работу системы на базе образовательной организации и подвести соответствующие итоги. Результаты данного исследования могут быть использованы как теоретическая и методическая основа для улучшения качества образовательной деятельности и повышения конкурентоспособности образовательных организаций.

Внедрение IT-инструментов (Система 360, Джера) на базе образовательной организации необходимы прежде всего для достижения таких ключевых целей как: контроль качества работы профессорско-преподавательского состава; оценка уровня реализации образовательных программ; сбор и анализ обратной связи от студентов; оптимизация внутренних бизнес-процессов образовательной организации [3].

Список использованных источников

1. Альтергот А.В. JIRA как инструмент поддержки и оценки системы менеджмента качества в образовательной организации // Сборник трудов XII Конгресса молодых ученых (Санкт-Петербург, 3–6 апреля 2023 г.). – 2023. – Т. 4. – № 1. – С. 105–108.
2. Гришина И.В. Обзор международного и российского опыта разработки критериев и показателей эффективности деятельности образовательных учреждений // Управленческое консультирование. – 2013. – №. 3 (51). – С. 87–94.
3. Система 360. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://edu.itmo.ru/ru/system360/> (дата обращения: 05.03.2024).

Выпускник

Альшауа Рахаф

факультет систем управления и робототехники

e-mail: rahafalshaowa98@gmail.com

Научный руководитель

Борисов Иван Игоревич

к.т.н., факультет систем управления и робототехники

e-mail: borisovii@itmo.ru

УДК 621.865.8

SYNTHESIS AND DESIGN OF TENDON-DRIVEN ROBOTIC ARM AND GRIPPER

Ключевые слова

Robot Manipulator, CAD Design, Tendon-Driven Actuation, Human-Robot Interaction, MuJoCo physics engine.

Цели и задачи

The primary goal of the project is to design and synthesize a tendon-driven robotic arm and gripper system that is robust, lightweight, and capable of interacting with the environment without causing damage. The gripper should be designed to be used as test setup to validate the result of the generative design optimization algorithms. To achieve these goals, several tasks need to be accomplished:

1. Study of tendon-driven mechanisms that can be used in arm and gripper systems which are capable of safe interaction with the environment.
2. Design and synthesize configurable gripper which is easily assembled and able to grasp various objects to be used to test results of generative design optimization algorithms
3. Design and synthesis a lightweight robotic arm which can make planar motion and has low inertia and a size close to human arm.

Основная часть (методология, результаты)

Physical interaction between human and robots brought a lot of attention recently because it is an important factor that pushes the limits of traditional industrial robotics. Many robots as intelligent industrial work assistant (iiwa) from Kuka, the universal robot (UR) series, and the Baxter and Sawyer robots of rethink robotics were developed so they can interact with human safely. This result was after decades of work and research to provide safe human-robot interactions, from inserting force and torque sensors to these traditional industrial robots to design a human like mechanisms, despite that,

they still can't be safe in high-speed tasks [1]. When the robots are actively used to help and support humans, the safety becomes an important aspect that can improve the productivity, product quality and human's comfort [2]. Group of the grippers that have inherently passive and compliant features at the joint, they are commonly referred to as "soft hand" can guarantee the safe interaction with human. Furthermore, passive adaptability with compliant parts help in distributing the forces across a wide contact area and the elastic energy to be stored, this prevents the slackness of tendons [3]. synthesizing systems that are capable of interact safety with the environment can be achieved using low mass and inertia and tendon-driven mechanisms, which will be used in this work to achieve the goals.

Methods – Analytical Model

The analysis of the motion of the finger before touching the object is very important, because it helps in understanding the motion of the finger and it will be the base that the motion after touching is built on, by considering the torque equilibrium the following equation can be written as:

$$T_{11}r_{11} + T_{12}r_{12} = M_{s1}, M_{s1} = M_{s10}, \tag{1}$$

$$T_{21}r_{21} + T_{22}r_{22} = M_{s2} - M_{s1}, M_{ss} = M_{s20} + K\theta_2. \tag{2}$$

The motion analysis while grasping was studied to know the contact forces that the object applies on the finger, and by considering the torque equilibrium the following equation can be conclude:

$$T_{11}r_{11} + T_{12}r_{12} - F_1k_1 = M_{s1}(\theta_1). \tag{3}$$

$$T_{21}r_{21} + T_{22}r_{22} - F_2k_2 = M_{s2}(\theta_2) - M_{s1}(\theta_1). \tag{4}$$

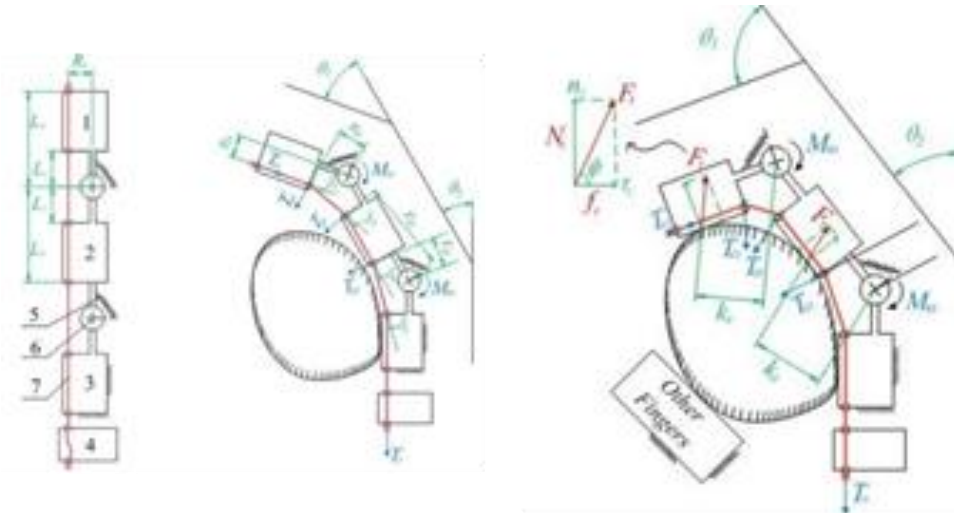


Fig. 1. Schematic of tendon-driven finger in different grasping stages

T_{11} the force applied on the stop ball produced by the tendon.

T_{12}, T_{21} and T_{22} the force applied on tendon turnings of segments produced by the tendon.

r_{11} the lever arm of the moment with respect to the first joint produced by T_{11} .

r_{12}, r_{21} and r_{22} the lever arms of the moment with respect to the first and second joint produced by T_{12}, T_{21} and T_{22} .

M_{si} The torque produced by the return spring, applied at the i th joint toward the i th segment.

K The stiffness coefficient of return springs.

F_i The reaction force applied on the i th segment produced by the object.

k_i The lever arm of F_i .

This analysis is for two phalanges finger, but it can be generalized to cover up to four phalanges finger using the same methodology.

Methods – gripper CAD design

SolidWorks software was used to design and test properties before manufacturing, and achieving the suitable design it was manufactured using 3d printer and laser cutter. Different considerations were taken to account while designing the gripper to make the prototype able to test different designs that are results of generative design algorithm such as the ability of assemble different number of phalanges in each finger up to four phalanges with adjustable phalanx length, changing the joint stiffness, construct from one to four fingers with different positioning.



Fig. 2. CAD design (right) and real prototype (left) of the developed test

This design is underactuated tendon-driven adaptive reconfigurable gripper with elastic grasping surfaces and compliant features (springs) in the joint, furthermore the fingers are hollow, and the motors are mounted in the gripper’s base thanks to the usage of tendon mechanism, those all features increase the gripper safety.

Methods – robotic arm CAD design

The robotic arm consists of three main joints and all of them are driven by tendons, the first one is the quaternion wrist joint which can provide a two-DOF pure spherical motion with roll and pitch actuation wire pairs, by actuating these wires the wrist can be bent in any direction. The second joint is the elbow with one-DOF rolling mechanism, two coupling wired were used to achieve the pure rolling between the two circular-contact surfaces without slip, flexion and extension wires come from the motor cause the motion of the forearm with almost 180 degrees.

The final joint is the shoulder with the rotating motion, the motors of the wrist and elbow are mounted behind the shoulder joint which works as counterweight to cause physical gravity compensation that facilitates the joint rotation and reduce the inertia, the arm has four-DOF. The joints were manufactured using 3D printer and the links were cut from already manufactures aluminum parts, the whole mass of the moving parts is 1240 grams which make the arm very lightweighted.

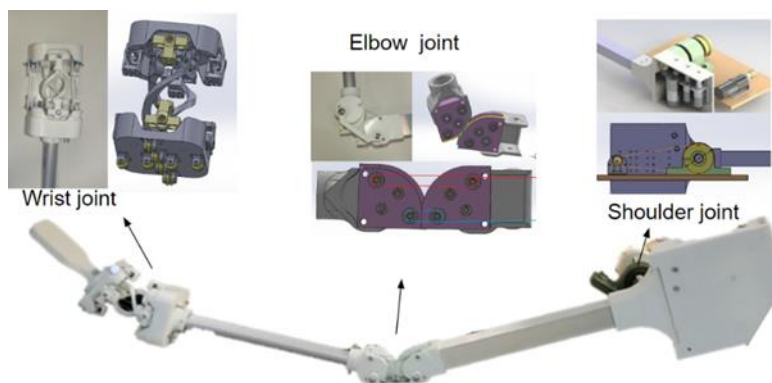


Fig. 3. robotic arm with its separate joints



Fig. 4. MuJoCo simulation of the robotic arm

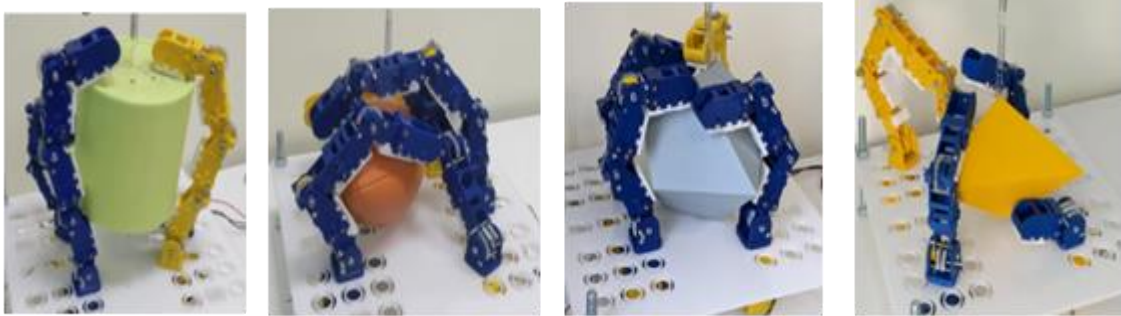


Fig. 5. Different assembled configurations of the gripper while grasping different objects

Methods- simulation of the robotic arm

The simulation was conducted using MuJoCo physics engine, this environment is suitable for simulating the tendons, moreover, the parts were imported from the SolidWorks as “STL” files which makes the simulation very close to the actual motion. Using this simulation model we can test the range of motion, validate the kinematic model and make different experiments to study the interaction safety.

Results- gripper

The gripper was assembled and tested to grasp different object with different shapes, the underactuated tendon-driven mechanism allowed a lightweight, low inertia design with adaptive grasping without complexity in the control system. The usage of the gripper as a test setup for optimization algorithms was highly effective, the configurable design of the gripper allowed for rapid prototyping and testing of different designs that can be generated from the optimization algorithms with minimal effort.

Results- robotic arm

The proposed tendon-driven robotic arm with the motors mounted behind the shoulder was compared with the conventional type of the robotic arm where the motors are mounted near the joint in terms of position of the center of mass and inertia in the vertical arm positioning where the shoulder joint is the position reference (Table). It is noticeable that the center of mass in the proposed arm is closer to the rotation axis than in the conventional one by 65%, and the inertia is 50% less.

Table. The proposed tendon-driven robotic

Arm Type	Center of mass x axis (mm)	Center of mass y axis (mm)	Center of mass z axis (mm)	Inertia ($g \cdot mm^2$)
Proposed arm	122.34	1.47	-0.11	125369265.36
Conventional arm	349.76	11.12	0.09	242655627.00

The same previous arms were simulated in the MuJoCo environment and experiment of both arms hitting a rigid body (wall) with velocity of $6m. s^{-1}$ was conducted to compare the contact forces resulting from the collision. The contact forces caused by the proposed arm hitting the wall is $16N$ and contact forces caused by the arm with conventional positioning of the motors is $27N$. It should be noted that both arms have the same design and weight, and the only difference is the place of the motors.

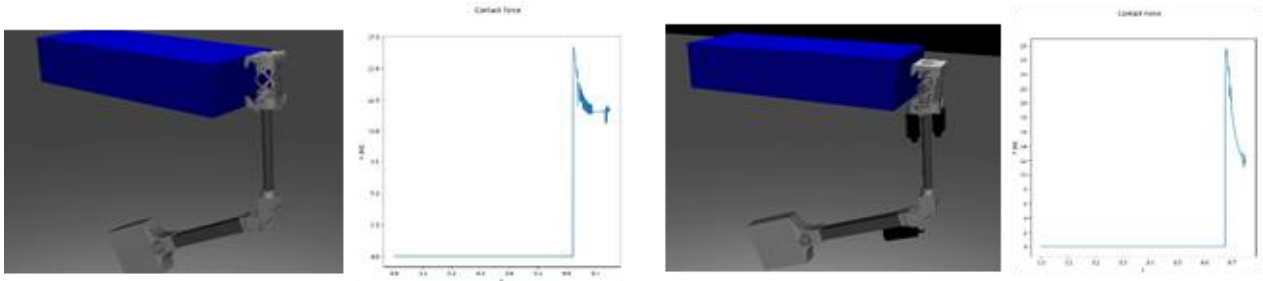


Fig. 6. Arm with proposed (left) and conventional (right) motor placement with contact forces caused by collision with a rigid body

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

Test setup of tendon-driven gripper was designed and manufactured then used to validate the results of generative design optimization algorithms with consideration of safety. Low inertia, lightweight and easy to manufacture tendon-driven robotic arm was achieved. It was proved through the simulation that the proposed arm is safer than conventional ones, and in real experiments the arm achieved safety of interaction with speeds up to 5 m/s.

Список использованных источников

1. Kim Y.-J. Anthropomorphic low-inertia high-stiffness manipulator for high-speed safe interaction // IEEE Transactions on robotics. – 2017. – Vol. 33. – №. 6. – Pp. 1358–1374.
2. Morioka M., Sakakibara S. A new cell production assembly system with human–robot cooperation // CIRP annals. – 2010. – Vol. 59. – №. 1. – Pp. 9–12.
3. Catalano M.G., Grioli G., Farnioli E. et al. Adaptive synergies for the design and control of the Pisa/IIT SoftHand // The International Journal of Robotics Research. – 2014. – Vol. 33. – № 5. – Pp. 768–782/

Выпускник

Арцытов Николай Андреевич

факультет технологического менеджмента и инноваций

e-mail: nikolai.artsytov@yandex.ru

Научный руководитель

Антипов Антон Александрович

к.филол.н., доцент факультет технологического менеджмента и инноваций

e-mail: aantipov80@itmo.ru

УДК 65.01

**РАЗВИТИЕ МОДЕЛЕЙ ТРАНСФЕРА ТЕХНОЛОГИЙ В ВУЗАХ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ НА ОСНОВЕ СТАРТАП-СТУДИЙ**

Ключевые слова

Трансфер технологий, стартап-студии, инновационная экосистема, российские вузы, коммерциализация научных разработок, инновации.

Цели и задачи

Основной целью исследования является разработка предложений и рекомендаций, направленных на повышение эффективности трансфера технологий вузов Российской Федерации. В работе рассматриваются как теоретические основы трансфера технологий, так и практические аспекты, включая зарубежный опыт и его адаптацию к российской экономике. Важным элементом исследования является анализ инновационных форм, таких как стартап-студии, и их влияние на экосистему вузов.

В условиях глобальной конкуренции и необходимости ускоренного инновационного развития российские вузы сталкиваются с проблемой недостаточной эффективности трансфера технологий. Это приводит к тому, что научно-исследовательский потенциал вузов не реализуется в полной мере, замедляется коммерциализация научных разработок и внедрение инноваций в экономику [1].

Целью исследования является разработка предложений и рекомендаций для повышения эффективности трансфера технологий в вузах Российской Федерации на примере стартап-студий. Объектом исследования выступает инновационная экосистема вузов Российской Федерации, а предметом исследования — стартап-студии как модель трансфера технологий в вузовской экосистеме [2].

Основная часть (методология, результаты)

В работе проводилось изучение различных моделей и подходов трансфера технологий, сбор и анализ данных о формах и видах трансфера технологий, исследование зарубежного опыта и его адаптации к отечественным условиям и стартап-студиям. Проблемы трансфера технологий в российских вузах были выявлены и проанализированы по средствам интервью с руководителями центров трансфера технологий и сравнительного анализа отчетов стартап-студий [3].

Исследование показало, что стартап-студии могут значительно улучшить инновационную экосистему вузов благодаря своей гибкости и ориентированности на коммерциализацию научных разработок.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

Исследование показало, что существующая система трансфера технологий в российских вузах нуждается в модернизации, чтобы соответствовать современным требованиям глобальной инновационной экономики. Сравнительный анализ зарубежного опыта продемонстрировал успешные примеры использования стартап-студий, что подтвердило их потенциал для адаптации в российском контексте. Стартап-студии были признаны перспективной формой трансфера технологий, способной значительно улучшить инновационную экосистему вузов благодаря своей гибкости и ориентированности на предпринимательство и коммерциализацию научных разработок. Важным выводом является необходимость создания сети региональных стартап-студий, поддерживаемых льготными кредитами, что позволит значительно повысить эффективность использования научно-исследовательского потенциала вузов и увеличить количество успешно реализованных стартапов [5].

Дальнейшие перспективы исследования включает исследование потенциала открытия стартап-студий в 7 пилотных регионах России и разработку конкретных мер по их поддержке и развитию, что в перспективе позволит ускорить инновационное развитие страны и повысить её конкурентоспособность на глобальном уровне.

Список использованных источников

1. Агабеков С.И., Кокурин Д.И., Назин К.Н. Инновации в России. Системно-институциональный анализ. М.: ТрансЛит, 2019. – 376 с.
2. Акимкина Д.А., Хрусталева Е.Ю. Технологический брокер как инструмент повышения наукоемкости промышленности // Контролинг. – 2021. – №. 2. – С. 62–69.
3. Александров А.Б., Петросян С.М. Развитие механизмов трансфера технологий в вузах // Инновации и предпринимательство. – 2022. – №. 4. – С. 112–125.
4. Бурова И.В. Инновационная инфраструктура университетов: зарубежный опыт и российская практика // Наука и образование. – 2020. – №. 2. – С. 34–48.
5. Горелов Д.В. Стартап-студии как инструмент коммерциализации научных разработок в вузах // Вестник науки. – 2021. – №. 3. – С. 76–89.

Выпускник

Афанасьев Георгий Александрович

факультет экотехнологий/

e-mail: afanasev16@giricond.ru

Научный руководитель

Кустикова Марина Александровна

к.т.н., доцент факультета экотехнологий

e-mail: makustikova@itmo.ru

УДК 57.027

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВЫСОКОТОЧНОЙ УСТАНОВКИ НА ИЗОТОПНОМ МАСС-СПЕКТРОМЕТРЕ

Ключевые слова

Стабильные изотопы, изотопный масс-спектрометр, высокоточная установка, метрология.

Цели и задачи

Цель – исследование метрологических характеристик высокоточной установки на базе изотопного масс-спектрометра. Для дальнейшего создания Государственного первичного эталона единицы дельта значения отношения изотопов углерода, кислорода, водорода. Задачи: 1) Определение разрешающей способности; 2) Определение СКО дельта значений отношений изотопов; 3) Определение диапазона измерений дельта значений отношений изотопов углерода и кислорода; 4) Определение расширенной неопределённости.

Основная часть (методология, результаты)

Высокоточная установка представляет собой совокупность следующих блоков:

- масс-спектрометр изотопный, модель isoprime precisION;
- система двойного напуска iso DUAL INLET;
- система для изотопного анализа isoFLOW-C;
- блок управления и обработки информации;
- комплект расходных материалов для градуировки и контроля стабильности.

Проверка разрешающей способности (R) составляет 130. Значение СКО дельта значений отношений изотопов углерода составило 0,06%. Проверка диапазона измерений дельта значений отношений изотопов углерода и кислорода. Значения СКО дельта значений отношений изотопов углерода и кислорода не превышают 0,06%. Диапазон измерений дельта значений отношений изотопов углерода составляет от минус 50% до плюс 3%. Диапазон

измерений дельта значений отношений изотопов кислорода составляет от минус 30% до минус 2% [1–3].

Проверка диапазона измерений дельта значений отношений изотопов углерода $\delta^{13}\text{C}$ и кислорода $\delta^{18}\text{O}$: результаты измерений СКО дельта значений отношений изотопов углерода $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{18}\text{O}$ представлены в таблице 1.

Таблица 1. **Результаты измерений СКО дельта значений отношений изотопов углерода $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{18}\text{O}$**

Номер образца	Дельта значение отношений изотопов углерода $\delta^{13}\text{C}$, ‰, указанное в паспорте СО	Дельта значение отношений изотопов кислорода $\delta^{18}\text{O}$, ‰, указанное в паспорте СО	СКО дельта значений отношений изотопов углерода $\delta^{13}\text{C}$, ‰	СКО дельта значений отношений изотопов кислорода $\delta^{18}\text{O}$, ‰
M851038	-5,0	-12,01	0,04	0,05
M851066	-27,5	-29,33	0,05	0,05
M851067	-43,35	-24,95	0,05	0,05
M850926	-5,0	-12,01	0,05	0,06
M850935	-27,5	-29,33	0,04	0,05
M850968	-43,35	-24,95	0,04	0,06
IAEA-603	+2,46	-2,37	0,05	0,05
D158041	-53,2	-	0,04	-

Значения СКО дельта значений отношений изотопов углерода $\delta^{13}\text{C}$ и кислорода $\delta^{18}\text{O}$ не превышают 0,06%. Диапазон измерений дельта значений отношений изотопов углерода $\delta^{13}\text{C}$ составляет от минус 50% до плюс 3%. Диапазон измерений дельта значений отношений изотопов кислорода $\delta^{18}\text{O}$ составляет от минус 30% до минус 2%.

Проверка расширенной неопределённости (при $k = 2$): результаты измерений дельта значений отношений изотопов углерода $\delta^{13}\text{C}$ приведены в таблице 2. Результаты измерений дельта значений отношений изотопов углерода $\delta^{18}\text{O}$ приведены в таблице 3.

Таблица 2. **Результаты измерений дельта значений отношений изотопов углерода $\delta^{13}\text{C}$**

Номер баллона	Стандартная неопределённость, оценённая по типу А, μA	Стандартная неопределённость, оценённая по типу В, μB	Расширенная неопределённость (при $k=2$), U ($\delta^{\text{N}}\text{A}$)	Норматив
M851038	0,05	0,043	0,13	0,4
M851066	0,04		0,12	
M851067	0,05		0,13	
M850926	0,04		0,12	
M850935	0,04		0,12	
M850968	0,05		0,13	

Таблица 3. **Результаты измерений дельта значений отношений изотопов углерода $\delta^{18}\text{O}$**

Номер баллона	Стандартная неопределённость, оценённая по типу А, μA	Стандартная неопределённость, оценённая по типу В, μB	Расширенная неопределённость (при $k=2$), U ($\delta^{\text{N}}\text{A}$)	Норматив
M851038	0,06	0,139	0,30	0,4
M851066	0,05		0,29	
M851067	0,06		0,30	
M850926	0,06		0,30	
M850935	0,05		0,29	
M850968	0,05		0,29	

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В ходе работы были исследованы метрологические характеристики изотопного масс-спектрометра модели isoprime precision. Рассмотренные исследования подтвердили метрологические характеристики, стабильность, точность и эффективность данной высокоточной установки. На основе которой возможно создание Государственного первичного эталона единицы дельта значения отношения изотопов углерода, кислорода, водорода.

Список использованных источников

1. Чубченко Я.К. Разработка стандартных образцов изотопного состава // Стандартные образцы в измерениях и технологиях. – 2022. – С. 164–165.
2. Колобова А.В., Чубченко Я.К., Афанасьев Г.А. Разработка эталонной установки для метрологического обеспечения диагностики заболеваний, вызванных инфекцией *Helicobacter Pylori* на основе определения изотопов углерода и кислорода в выдыхаемом воздухе // II Международная научно-практическая конференция молодых ученых и специалистов «ЗА НАМИ БУДУЩЕЕ» и X Международный конкурс «Лучший молодой метролог КОООМЕТ — 2023». Сборник тезисов докладов. Екатеринбург, 14–16 июня 2023 г. Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии [и др.]. Санкт-Петербург: ООО «Издательско-полиграфическая компания «Коста», 2023. – С. 236–238.
3. Schmidt O. et al. Inferring the origin and dietary history of beef from C, N and S stable isotope ratio analysis // *Food Chemistry*. – 2005. – Т. 91. – №. 3. – Pp. 545–549.

Выпускник

Афанасьева Александра Вячеславовна
центр "Информационные оптические технологии"
e-mail: afanasjeva.sasha2011@yandex.ru.

Научный руководитель

Дададжанов Далер Рауфович
PhD, старший научный сотрудник центра "Информационные оптические технологии"
e-mail: daler.dadadzhanov@gmail.com

УДК 535.331

**АНИЗОТРОПНЫЕ НАНОСТРУКТУРЫ ДЛЯ УСИЛЕНИЯ
ПОГЛОЩЕНИЯ В ОБЛАСТИ ЭЛЕКТРОННО-КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ
ПЕРЕХОДОВ ОРГАНИЧЕСКИХ МОЛЕКУЛ**

Ключевые слова

Анизотропные наноструктуры, наноплазмоника, металлические наночастицы, инфракрасная спектроскопия.

Цели и задачи

Анизотропные плазмонные наноструктуры используются во многих современных технологиях и научных исследованиях, таких как: электроника, оптика, медицина и нанотехнологии благодаря своим уникальным оптическим свойствам. Существующие традиционные методы синтеза наночастиц имеют свои ограничения, в частности сложность контроля размера наночастиц и требуют дополнительных модификаций для создания плазмонных наночастиц с заданными оптическими свойствами для задач нанофотоники [1]. Целью данной работы является формирование новых подходов по созданию анизотропных наночастиц серебра и золота, применимых для усиления слабого поглощения органических молекул в области электронных и колебательных переходов. Задачами работы является создание композитной структуры из наночастиц серебра и золота, методом физического осаждения паров металла на диэлектрическую подложку и химическим способом создания золотых наночастиц стержневидной формой, а также исследование оптических свойств полученных анизотропных наноструктур.

Основная часть (методология, результаты)

В данной работе исследуются анизотропные наноструктуры, полученные методом физического осаждения паров металлов на поверхность подложки и методом химического синтеза. В первом случае сначала с помощью вакуумного напыления создается островковая серебряная пленка, которая служит шаблоном при последующем напылении под углом к подложке золотой пленки, что позволило добиться высокой степени анизотропии получаемых структур используя только стандартный метод вакуумного напыления [3]. Контроль морфологии серебряной пленки, т. е. размера наночастиц при помощи термической обработки,

и контроль параметров напыления золотой пленки позволяют варьировать положение плазменного резонанса и степень анизотропии полученных гибридных структур. Кроме того, в работе продемонстрированы методы химического синтеза металлических наностержней с большим аспектным соотношением сторон [2].

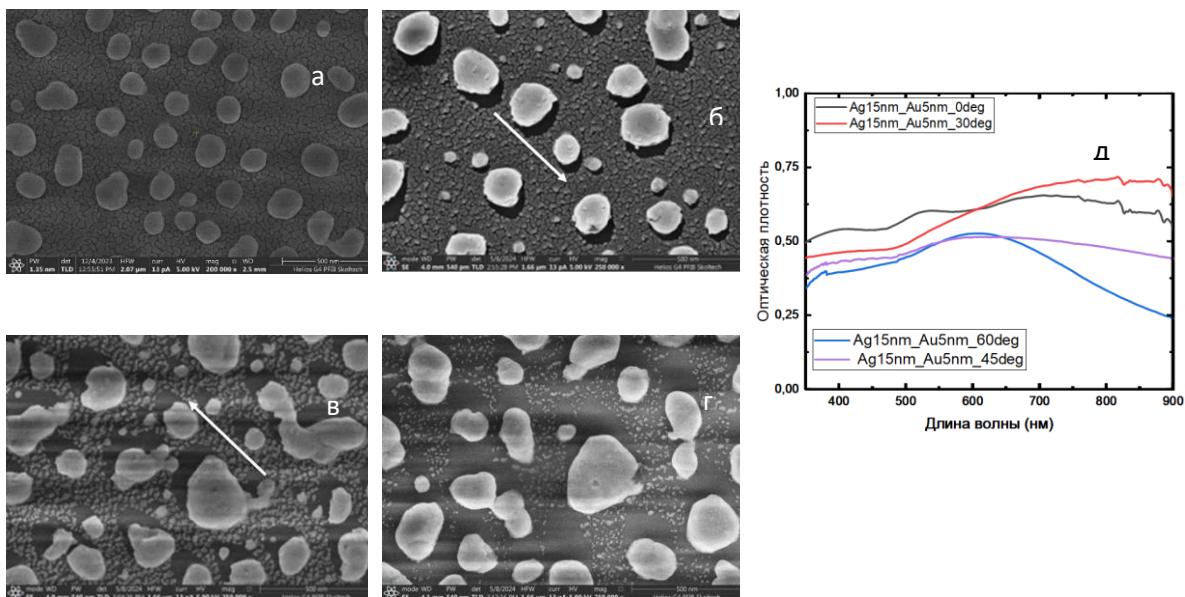


Рис. 1. СЭМ изображение композитных наноструктур, где угол напыления золото 0° (а), 30° (б), 45° (в) и 60° (г) и спектр оптической плотности композитных наноструктур, где угол напыления золото 0° (черная линия), 30° (красная линия), 45° (фиолетовая линия) и 60° (синяя линия)

На СЭМ изображениях видно, что увеличение угла напыления золота приводит к появлению лабиринтообразных наноструктур золота и к “теневым” участкам вблизи наночастиц серебра. Для сравнения важно, что в эксперименте использовались идентичные массивы наночастиц серебра как при нанесении золота под углом 0°, так и под остальными углами. Видно, что размер пустой области, рядом с частицами, увеличивается при увеличении угла напыления золота.

На рисунке 1, д представлен спектр оптической плотности всех композитных наноструктур. С увеличением угла напыления золота пленка из лабиринтной структуры видоизменяется в разреженную структуру и длинноволновый хвост становится меньше. Пары металлов меньше попадают на подложку, а больше на наночастицы и смещение пика происходит в синюю область.

Исследования анизотропных свойств Ag/Au нанокompозитной структуры проводились с помощью спектроскопии линейного дихроизма. На рисунке 2, а сравнивается сигнал линейного дихроизма от нанокompозитов с различными углами осаждения золота. Видно, что значения линейного дихроизма в 40 раз больше для пленки золота, нанесенной под углом 30°, чем при 0° и 60°. Появление положительного сигнала в видимом диапазоне спектра линейного дихроизма может быть связано с неравномерным распределением золотой полуоболочки по серебряным наночастицам. На пленке с углом напыления золота 30° и 45° присутствует отрицательный сигнал, который может характеризоваться образованием пустот в форме крестов, длинные оси которых ориентированы перпендикулярно золоту направлению осаждения. Это служит показателем того, что на этих подложках были созданы анизотропные наноструктуры.

Для изучения взаимодействия органических молекул с полученными композитными наноструктурами был взят краситель DTDCI (диэтилтиадикарбоцианин-йодид). Концентрация красителя $1,5 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$. Краситель был нанесен на композитные наноструктуры

с помощью спин-коутинга. Характеризация оптических свойств образцов проводилась с использованием метода рамановской спектроскопии. На рисунке 2, б видно, что в зависимости от угла напыления золота, меняется интенсивность полос, что связано с анизотропией полученных наноструктур.

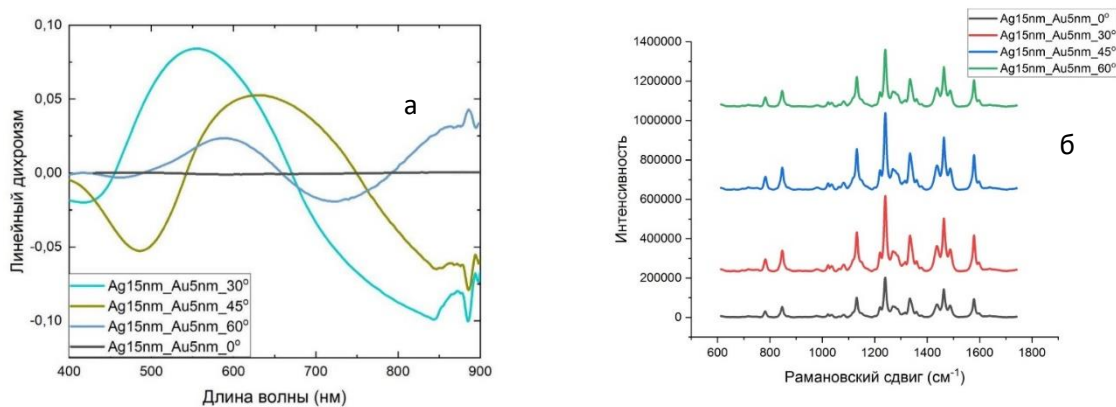


Рис. 2. Спектры линейного дихроизма композитных наноструктур, где угол напыления золото 0° (черная линия), 30° (бирюзовая линия), 45° (зеленая линия) и 60° (синяя линия) (а) и спектр интенсивности композитных наноструктур с красителем (б)

Далее будут представлены результаты исследования оптических свойств золотых наностержней, синтезированных химическим способом. Золотые наностержни, были синтезированы с использованием соляной кислоты, гидрохинона и нитрата серебра. На рисунке 3 представлены СЭМ изображение золотых наностержней.

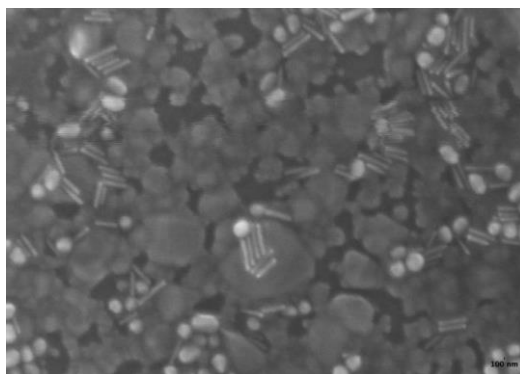


Рис. 3. СЭМ изображение золотых наностержней

Анализ изображений показал, что длина наностержней составляет в среднем $50 \text{ nm} \pm 5 \text{ nm}$. Ширина наностержней варьируется в среднем около $7 \text{ nm} \pm 1 \text{ nm}$. Длина и ширина наностержней ключевые параметры, так как они влияют на их оптические свойства. Спектр поглощения этих наностержней представлен на рисунке 4, а.

Согласно статье [2], увеличение количества соляной кислоты приводит к увеличению размера наностержней. Видно, что увеличение количество соляной кислоты приводит к красному смещению. На рисунке 4, а, из-за отсутствия симметрии локализованная поверхностная плазмонная полоса распадается на две составляющие: полоса на 1100 нм обусловлена коллективными колебаниями электронов вдоль оси наностержня, называемым продольным плазмонным резонансом. В то время как электронные колебания вдоль перпендикулярного направления привело к коротковолновому диапазону в 530 нм, называемые поперечным плазмонным резонансом. На рисунке 4, б видно, что первый коротковолновый пик соответствует поперечному сечению поглощения на длине волны 530 нм, а продольному соответствует плазмонный пик на 890 нм.

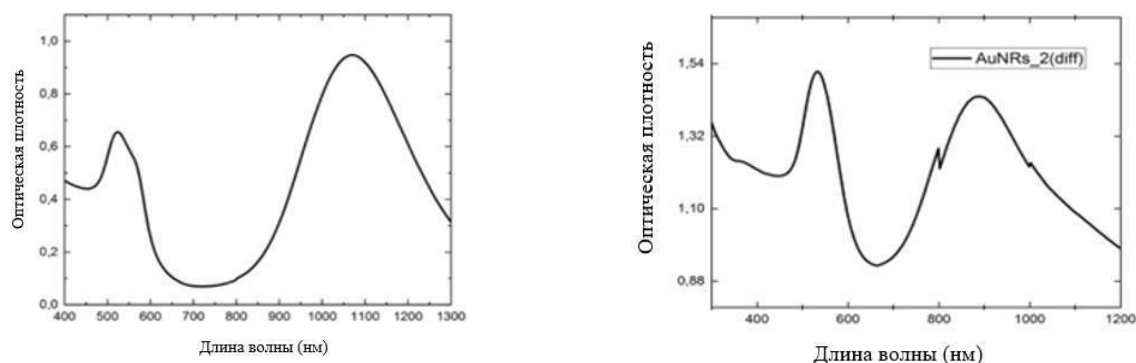


Рис. 4. Спектр поглощения золотых наностержней, синтезированных с использованием гидрохинона, нитратом серебра, соляной кислоты 1М 20 мкл (а) и 1М 10 мкл (б)

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В данной работе на основе экспериментальных данных показано, что физический метод синтеза позволяет получить анизотропные наночастицы с контролируемыми размерами. Химический метод позволяет варьировать условия реакции для достижения заданной анизотропии и стабильности наночастиц, но требует тщательного контроля за параметрами процесса. Каждый из методов обладает своими преимуществами и недостатками, что указывает на перспективность их комбинированного использования для создания наноструктур с уникальными свойствами.

Данное исследование открывает перспективы для целенаправленного дизайна наноматериалов в таких областях, как биомедицина, электроника и многие другие.

Список использованных источников

1. Biological applications of gold nanoparticles / R. A. Sperling, P. Rivera Gil, F. Zhang, M. Zanella, W. J. Parak // *Chemical Society Reviews*. – 2008. – №. 37(9). – P. 1896.
2. Huei-Huei Chang; Catherine J Murphy. Mini Gold Nanorods with Tunable Plasmonic Peaks Beyond 1000 nm // *Chemistry of Materials*. – 2018. – №. 30(4). – Pp. 1427–1435.
3. Toropov N.A., Gladskikh I.A., Parfenov P.S., Vartanyan T.A. Fabrication and laser-assisted modification of the Ag particles ensembles supporting quadrupole plasmon oscillations [Электронный ресурс] // *Optical and Quantum Electronics* – 2017. – V. 49. – №. 4. – Pp. 154. <https://doi.org/10.1007/s11082-017-0996-5>.

Выпускник

Бархум Зейн Алабедин

факультет систем управления и робототехники

e-mail: zein.barhoum799@gmail.com

Научный руководитель

Колюбин Сергей Алексеевич

д.т.н., профессор факультета систем управления и робототехники

e-mail: s.kolyubin@itmo.ru

УДК 004.896

RESEARCH ON DATA-DRIVEN METHODS FOR QUADROTOR MOTION CONTROL UNDER UNCERTAINTIES

Работа выполнена в рамках темы НИР № 53122 «Разработка нейросетевых моделей и алгоритмов проектирования и оптимизации, оцувствления и управления движением автономных робототехнических систем в динамических средах».

Ключевые слова

Quadrotor dynamic modeling, data-driven modeling, data-driven motion control, physics-informed neural networks, robot operating system, reinforcement learning.

Цели и задачи

The research goal is to enhance the robustness and reliability of quadrotor motion control by integrating data-driven modeling and learning-based control strategies, addressing the limitations of traditional control methods under non-nominal conditions, and model uncertainties. Research Tasks are as follows:

1. To study and analyze machine learning approaches for modeling quadrotor dynamics, particularly in uncertain conditions.
2. To Integrate data-driven models into model-based and learning based control strategies of quadrotor. Assess the impact of this integration on the accuracy and performance of the controllers.
3. To develop a ROS2-based system that facilitates research on quadrotor autonomous navigation pipelines. This system should include simulation, real quadrotor communication, realistic visualization, camera feed integration, and components for control, planning, and mapping.

Основная часть (методология, результаты)

The methodology of this work relied on dividing the problem into two parts, the first one being modeling the dynamic behavior of the quadrotor using data-driven methods, while the second part is integrating these models into model-based and learning-based control strategies. Four data-driven models are compared in this work which are:

1. **Model 1:** a gray-box model that uses a feed forward neural network to estimate the residual error in the nominal model. The model takes the following formulation:

$$\dot{\chi} = [\mathbf{p} \quad \mathbf{q} \quad \mathbf{v} \quad \boldsymbol{\omega}]^T, \quad (1)$$

where χ is the state of the quadrotor which contains the position, rotation quaternions, velocity and angular velocity. f_{rbd} is the rigid body dynamics model which defines the free motion of the quadrotor. \mathbf{B} is a mapping matrix from the wrench space to the state space. f_{rot} is the rotor effects model. Finally f_{res} is the residual error model represented using a feed forward neural network similar to the work [1], in order to correct the error in acceleration \mathbf{a} and angular acceleration $\boldsymbol{\alpha}$ as follows:

$$f_{res}(\chi, \mathbf{u}) = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ f_{\mathbf{a},NN}(\chi, \mathbf{u}) \\ f_{\boldsymbol{\alpha},NN}(\chi, \mathbf{u}) \end{bmatrix}. \quad (2)$$

2. **Model 2:** a gray-box model that is the same as the one before but with the integration of aerodynamic effects

$$\dot{\chi} = f(\chi, \mathbf{u}) = f_{rbd}(\chi) + \mathbf{B}(f_{rot}(\chi, \mathbf{u}) + \sum_{i=1}^3 f_{aero,i}(\chi, \mathbf{u})) + f_{res}(\chi, \mathbf{u}). \quad (3)$$

The aerodynamic models include models of fuselage drag, rotor drag and ground effect.

3. **Model 3:** a black-box model that uses a feed forward neural network to estimate the quadrotor dynamics. The model takes the following formulation:

$$\dot{\chi} = f(\chi, \mathbf{u}) = \begin{bmatrix} \mathbf{v} \\ \mathbf{R}\hat{\boldsymbol{\omega}} \\ f_{NN}(\chi, \mathbf{u}) \end{bmatrix}, \quad (4)$$

where f_{NN} is a single feed forward neural network that calculates the linear and angular accelerations of the quadrotor. The neural network in this model is trained using a simple regression approach with the mean squared error (MSE) loss function.

4. **Model 4:** a black-box model with a physics-informed loss [2]. We leverage the qualitative knowledge in the collected data to derive a data-driven physics-informed model that does not require the existence of an analytical model and also enhance the speed of the training process especially in the condition of scarcity of data samples. The model estimates the forward discrete dynamics of the quadrotor using the following formulation:

$$\hat{\chi}_{k+1} = F_{NN}(\chi_k, \mathbf{u}_k). \quad (5)$$

And the loss function used in the training process is defined as, 1) the MSE loss shown before and 2) the physics-informed as follows:

$$\mathcal{L}_{PINN} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \hat{\chi}_k - \dot{\chi}_k, \quad (6)$$

where $\hat{\chi}_k$ is calculated using the Jacobian of the neural network output with respect to the state and input variables knowing the state and input derivatives as follows:

$$\hat{\chi}_k = \frac{\partial F_{nn}(\chi_k, \mathbf{u}_k)}{\partial \chi} \dot{\chi}_k + \frac{\partial F_{nn}(\chi_k, \mathbf{u}_k)}{\partial \mathbf{u}} \dot{\mathbf{u}}_k. \quad (7)$$

A hyper-parameter λ was added to control the importance of the physics-informed loss. In addition to these DDM approaches, two analytical approaches are tested for a complete comparison. These approaches are:

5. **Model 5:** The nominal model given as:

$$f(\boldsymbol{\chi}, \mathbf{u}) = f_{rbd}(\boldsymbol{\chi}) + \mathbf{B}f_{rot}(\boldsymbol{\chi}, \mathbf{u}). \quad (8)$$

6. **Model 6:** The nominal model with the integration of aerodynamic effect given as:

$$f(\boldsymbol{\chi}, \mathbf{u}) = f_{rbd}(\boldsymbol{\chi}) + \mathbf{B}(f_{rot}(\boldsymbol{\chi}, \mathbf{u}) + \sum_{i=1}^3 f_{aero,i}(\boldsymbol{\chi}, \mathbf{u})) \quad (9)$$

Neural networks in the data driven models were trained using MSE loss except Model 4 (with added physics loss). Moreover, an additional regularization loss (L1 loss) was added to increase the sparsity of the models and avoid over-fitting. Finally, ADAM optimizer was used for training to minimize the loss function. In terms of programming realization, the experiments are conducted using Python programming language. The models are implemented using the PyTorch library.

To evaluate the six models, the NeuroBEM dataset [3] was used where the dataset was split into train and test subsets randomly and all neural networks were trained until convergence on the train subset and then evaluated on the test subset. The results are shown in Table 1, bold indicate best results or minimum error.

Table 1. **Relative Error – Comparison of dynamic models on NeuroBEM dataset when trained on the full data**

error	axis	M1	M2	M3	M4	M5	M6
$\varepsilon_{\mathbf{a}}[\%]$	x	7.31	7.28	16.78	7.00	21.74	21.66
	y	7.84	7.91	16.59	8.02	20.13	19.23
	z	14.08	14.12	25.87	13.06	28.35	30.57
$\varepsilon_{\boldsymbol{\alpha}}[\%]$	x	64.31	65.65	61.76	59.69	263.36	263.36
	y	76.11	75.51	64.80	55.59	422.53	422.53
	z	105.27	102.21	103.07	108.76	237.45	237.45

We see from the results that models M1 and M4 perform the best in terms of modeling performance. The choice between them depends on the application requirements. For example, for simulation purposes, the M1 model can be more suitable. However, for learning-based control like RL, the M4 model can give a good advantage since it is faster to execute.

Now with the data-driven modeling part established, the integration of these models (especially M1, M4) in control strategies is discussed. Here we talk about model-based control like differential flatness based controller, and learning-based control like reinforcement learning.

- First, for model-based control. For DFBC control, the first step is to calculate the desired acceleration and angular acceleration, where the data-driven integration is done by adding the predicted residuals from M1 model into these desired dynamics as follows:

$$\begin{aligned} \mathbf{a}_d &= \mathbf{a}_{pd} + \mathbf{a}_{ff} + \mathbf{a}_g + \mathbf{f}_{\mathbf{a},NN}(\boldsymbol{\chi}, \mathbf{u}) & \boldsymbol{\alpha}_d &= \boldsymbol{\alpha}_{pd} + \boldsymbol{\alpha}_{ff} + \mathbf{f}_{\boldsymbol{\alpha},NN}(\boldsymbol{\chi}, \mathbf{u}) \\ \mathbf{a}_{pd} &= \mathbf{K}_p \mathbf{e}_p + \mathbf{K}_d \mathbf{e}_v & \mathbf{a}_{ff} &= \ddot{\mathbf{p}}_d & \mathbf{a}_g &= g \mathbf{z}_W \\ \boldsymbol{\alpha}_{pd} &= \mathbf{K}_R \mathbf{e}_R + \mathbf{K}_\omega \mathbf{e}_\omega & \boldsymbol{\alpha}_{ff} &= \begin{bmatrix} 0 & 0 & \ddot{\psi}_d \end{bmatrix}^T \end{aligned} \quad (10)$$

We refer the reader to [4] for complete derivation of the required inputs (rotor speeds) starting from this point (desired acceleration and angular acceleration).

- Second, for learning based control. Model-free reinforcement learning RL policies were trained in a simulated environment that integrate the model M4 into its calculations for the dynamic of the quadrotor. This enables the RL policies to train in a dynamically-realistic situations which enhances the performance and robustness. The RL algorithm used is proximal policy optimization (PPO), and the reward function used is:

$$r = \frac{1}{1 + d^2} + \frac{1}{1 + |w_z|^2} + \frac{1}{1 + n_{z3}^2} \quad (11)$$

Where d is the distance from the target, ω_z is the angular velocity around the z-axis and $n_{z,3}$ is the measure of up-rightness or the deviation from the up-position of the quadrotor, the second and third terms were added to increase the stability of the control.

Overall, five control strategies were tested which are as follows. DFBC controller with and without the added predicted residuals. RL policies, one trained in an environment that only calculates nominal dynamics and the other is trained in an environment that includes data-driven models. And lastly for fair comparison, a model predictive control (MPC) strategy which is the state of the art in this regard.

All controllers were tested in trajectory control problem, where they were commanded to follow three trajectories, straight line, circular and lemniscate trajectories all with average speed of 6 meters per second. For evaluation, root mean square error (RMSE) between the desired trajectory and actual trajectory was measured and Table 2 shows the results.

Table 2. Simulation results of the quadrotor tracking error, RMSE

Controller	Straight Line	Circular	Lemniscate
DFBC	0.53	2.28	1.86
DD-DFBC	0.19	<u>1.81</u>	0.79
MPC	0.32	1.82	<u>0.93</u>
RL	0.79	2.75	15.05
DD-RL	<u>0.20</u>	1.59	1.33

We can see that data-driven integration highly improve the trajectory tracking performance of the controllers and achieves the best results overall.

Finally, for software integration of the data-driven modeling and data-driven control, a software framework was created using Robot Operating System 2 (ROS2) that includes packages as follows:

- Simulation package that integrates the data-driven models for accurate dynamics and also integrated high-quality visualization and camera capturing for testing wide variety of components in the quadrotor navigation pipeline;
- Control package that includes model-based controllers like DFBC and MPC and learning-based controllers like RL;
- Trajectory generation package that includes modules for 3D path planning and trajectory optimization;
- Communication package to integrate the framework with real quadrotors like the ArDrone2 quadrotor.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

This thesis presents a framework integrating data-driven modeling and control strategies to achieve robust and reliable motion control for quadrotors in uncertain environments. Utilizing a data-driven approach inspired by physics-informed neural networks, the dynamic behavior of quadrotors was learned from collected data, enhancing control performance and creating a realistic simulation environment with ROS2. A reinforcement learning-based control strategy was then developed to guide the quadrotor along desired trajectories while ensuring stability. Extensive evaluations demonstrated the effectiveness of this approach, showing significant improvements in tracking accuracy and robustness in both simulations and real-world conditions. This work offers valuable insights for advancing quadrotor technology, emphasizing agility, stability, and robustness in challenging environments.

Список использованных источников

1. Salzman T., Kaufmann E., Arrizabalaga J., Pavone M., Scaramuzza D., Ryll M. Real-time neural MPC: Deep learning model predictive control for quadrotors and agile robotic platforms // *IEEE Robotics and Automation Letters*. – 2023. – Vol. 8. – №. 4. – Pp. 2397–2404.
2. Raissi M., Perdikaris P., Karniadakis G.E., 2017. Physics informed deep learning (part i): Data-driven solutions of nonlinear partial differential equations. arXiv preprint arXiv:1711.10561.
3. Bauersfeld L., Kaufmann E., Foehn P., Sun S., Scaramuzza D. NeuroBEM: Hybrid Aerodynamic Quadrotor Model // *Proceedings of Robotics: Science and Systems XVII*. – 2021. – P. 42.
4. Mellinger D., Kumar V. Minimum snap trajectory generation and control for quadrotors // 2011 IEEE international conference on robotics and automation. – IEEE, 2011. – Pp. 2520–2525.

Выпускник

Белых Александр Андреевич
факультет цифровых трансформаций
e-mail: dlyavuc@mail.ru

Научный руководитель

Ходорченко Мария Андреевна
к.т.н., старший научный сотрудник исследовательского центра в сфере искусственного интеллекта "Сильный искусственный интеллект в промышленности"
e-mail: mariyaxod@yandex.ru

УДК 004.853

РАЗРАБОТКА ЭВОЛЮЦИОННОГО ПОДХОДА К ОПТИМИЗАЦИИ ПРОМПТОВ БОЛЬШИХ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ

Ключевые слова

Большие языковые модели, оптимизация промптов, инструкции, эволюционные алгоритмы, генетические алгоритмы.

Цели и задачи

Недавние достижения в области больших языковых моделей (LLM) произвели революцию в области обработки естественного языка, обеспечивая беспрецедентные возможности для генерации текста, перевода языка и систем диалога. Однако эффективность этих моделей в значительной степени зависит от качества входных инструкций, так называемых промптов, которые часто создаются вручную людьми. Ручное создание промптов может быть времязатратным, требует значительных знаний предметной области задачи и не всегда приводит к оптимальным результатам.

Целью данной работы является разработка метода оптимизации промптов больших языковых моделей на основе эволюционных алгоритмов. Для достижения цели, были решены следующие задачи:

1. Обзор литературы по теме оптимизации промптов больших языковых моделей.
2. Разработка метода оптимизации промптов открытых больших языковых моделей путем модификации алгоритма Promptbreeder [1].
3. Тестирование на нескольких больших языковых моделях с разной архитектурой и сравнение с популярными методами промптирования.
4. Анализ результатов работы.

Основная часть (методология, результаты)

В данной работе разработан новый эволюционный метод оптимизации промптов для больших языковых моделей с небольшим количеством параметров, основанный на алгоритме

Promptbreeder. Основной идеей является оптимизация промптов LLM с использованием этой же LLM с мутационными и гипер-мутационными промптами. Новые промпты получаются за счет конкатенации текущего промпта и мутационного/гипер-мутационного промпта и подачи в LLM.

Ключевой особенностью предложенного метода является комбинация шага инициализации без использования рукотворных промптов, обновленных операторов мутации и механизма адаптации вероятностей их применения. Схема работы метода представлена на рисунке, где красным выделены обновленные шаги оригинального алгоритма.

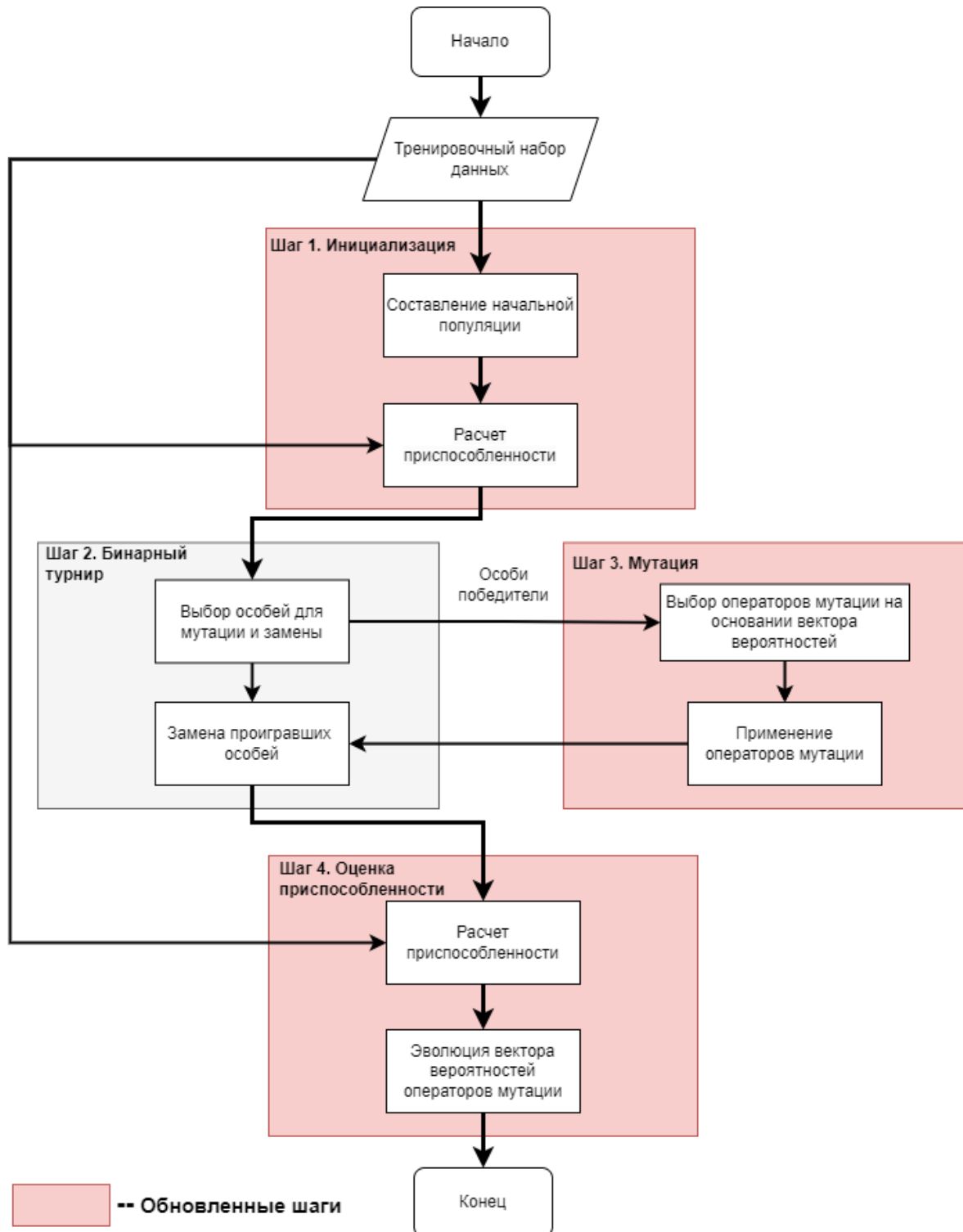


Рисунок. Пайплайн предложенного метода

Шаги со второго по четвертый выполняются итеративно до достижения predetermined number of iterations.

Проведено сравнение с популярными методами промптирования [2, 3] на различных бенчмарках и моделях. Результаты показывают, что предложенный метод на 6,7% эффективнее других методов в том числе и оригинального Promptbreeder, демонстрируя способность адаптироваться к разным задачам и архитектурам моделей. Анализ результатов работы подтверждает высокую обобщаемость метода благодаря гибкости и адаптивности эволюционного процесса.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В ходе исследования был реализован эволюционный подход оптимизации промптов больших языковых моделей, превосходящий по эффективности и адаптируемости популярные методы промптирования. Данный метод может быть применен в дальнейшем для решения прикладных задач, как тех, что были рассмотрены в ходе работы, так имеющих большую практическую ценность, как например, обезличивание данных пользователей и детекция токсичность в сообщениях.

В качестве дальнейшего развития планируется расширить анализ за счет поиска зависимостей между входным промптом и генерацией модели, изучением паттернов активации голов внимания и другими методами интерпретации работы больших языковых моделей. Полученные таким образом знания об интерпретируемости процесса генерации текста LLM с небольшим количеством параметров могут быть использованы для дальнейшего совершенствования техник промптирования и методов оптимизации промптов больших языковых моделей.

Список использованных источников

1. Fernando C., Banarse D., Michalewski H., Osindero S., Rocktäschel T. Promptbreeder: Self-Referential Self-Improvement Via Prompt Evolution. arXiv.org, Sep. 28, 2023. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://arxiv.org/abs/2309.16797> (дата обращения: 14.12.2023).
2. Kojima T., Gu S., Reid M., Matsuo Y., Iwasawa Y. Large Language Models are Zero-Shot Reasoners. arXiv (Cornell University), May 2022. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://doi.org/10.48550/arxiv.2205.11916> (дата обращения: 18.12.2023).
3. Wang L. et al. Plan-and-Solve Prompting: Improving Zero-Shot Chain-of-Thought Reasoning by Large Language Models. arXiv.org, May 26, 2023. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://arxiv.org/abs/2305.04091v3> (дата обращения: 11.01.2024).

Выпускник

Блохин Никита Иванович

институт прикладных компьютерных наук

e-mail: nikitablokhin@mail.ru

Научный руководитель

Пац Карина Михайловна

программист института прикладных компьютерных наук

e-mail: karina.m.pats@gmail.com

Научный консультант

Чеблоков Александр Александрович

АО «БИОКАД», специалист по структурной биоинформатике

e-mail: cheblokov@biocad.ru

УДК 577.322.9

КЛАССИФИКАЦИЯ СВЯЗАННЫХ И НЕСВЯЗАННЫХ КОНФОРМАЦИЙ АНТИТЕЛ

Ключевые слова

Структурная биоинформатика, машинное обучение, антитела, классификация, конформационные перестройки, связанные состояния.

Цели и задачи

На сегодняшний день антитела являются хорошо изученным классом глобулярных белков, продуцируемых адаптивной иммунной системой в качестве антиген-специфичных байндеров (т.е. молекул, способных к связыванию). Благодаря своим свойствам антитела получили широкое применение в современной фармацевтической [1].

Рациональный *in silico* дизайн молекул может быть успешно применен и к антительным молекулам для улучшения различных их свойств, таких как увеличение аффинности и специфичности, повышение стабильности, снижение иммуногенности и т. д. [2]. Данный подход требует наличия структуры исследуемой молекулы. Экспериментальное получение структуры белка является весьма ресурсо- и времязатратной задачей, сопряжённой с большим количеством сложностей, в то время как компьютерные методы менее ресурсозатратны и способны за короткий промежуток времени предсказывать структуру для большого количества молекул интереса. Однако, предсказательная сила методов структурной биоинформатики все еще ограничена несмотря на то, что в последние десятилетия был достигнут существенный прогресс в проблеме предсказания третичной структуры белковых молекул.

Помимо вышеобозначенных ограничений, предсказание физически достоверной структуры антитела не является достаточным условием для успешного проведения рационального дизайна. Антитела, как и другие белки существуют во множестве различных состояний, и лишь сравнительно малое количество этих состояний характеризует паттерны связывания с антигеном. Было показано, что использование структур антител в несвязанных конформациях негативно влияет на эффективность применения структурно-биоинформатических алгоритмов, таких как алгоритмы молекулярного докинга [3].

Таким образом, при предсказании структуры антитела, перед биоинформатиком стоит проблема выбора не только физически достоверной конформации, но и конформации характеризующей связывание с молекулой-мишенью. На сегодняшний день в мире не существует классификатора, способного различать связанные и несвязанные состояния антител (согласно открытым литературным источникам). Данная работа была направлена на разработку подобного алгоритма-классификатора, способного по трехмерной структуре антительной молекулы, классифицировать её конформацию как связанную или же как несвязанную (рис. 1).

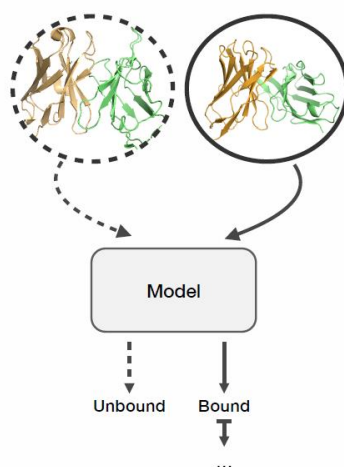


Рис. 1. Общий принцип работы предложенного алгоритма-классификатора

Основная часть (методология, результаты)

В ходе данной работы было собрано два датасета, состоящих из качественных экспериментальных структур антител, содержащих минимальное количество факторов, способных принести ошибку в дальнейший анализ. Первый датасет был сформирован для поиска простых и общих закономерностей, присущих всем антителам, второй для обучения и валидации алгоритмов на основе машинного обучения.

В ходе анализа было предложено множество различных признаков и характеристик, которые можно было бы использовать для описания степени “связанности” конформации антитела. Среди прочих были рассмотрены: характеристики, основанные на площади поверхности белка (утилизирующие концепт доступной для растворителя площади поверхности - SASA), характеристики, описывающие вторичную структуру белка (такие как валентные и двугранные углы в основной цепи), и признаки, описывающие третичную структуру белка (такие как всевозможные межатомные контакты). Все предложенные характеристики были проанализированы на предмет корреляции с тем, является ли конформация антитела связанной или же нет. Были отобраны потенциально перспективные характеристики, однако простой закономерности или же порогового значения, способного однозначно разграничить связанные и несвязанные конформации, найти не удалось.

В дальнейшей работе наиболее перспективные характеристики были использованы для обучения алгоритмов машинного обучения. В ходе работы были рассмотрены различные подходы, такие как алгоритмы понижения размерности (PCA, UMAP), простые алгоритмы регрессии (такие как логистическая или гребневая регрессии), методы на основе опорных векторов (supporting vector machines), решающих деревьев, и методы глубокого обучения, такие как графовые нейронные сети. Также в ходе работы рассматривались и ансамбли вышеперечисленных методов.

В результате была обучена модель, продемонстрировавшая высокую стабильность на обучающей выборке, а также хорошую точность на тестовой выборке – 77% (ROC кривые лучших классификаторов представлены на рисунке 2). Также, хорошим признаком итоговой модели является то, что она не продемонстрировала каких-либо сдвигов в сторону предсказания связанных или же несвязанных состояний – оба класса предсказывались в равной степени точно.

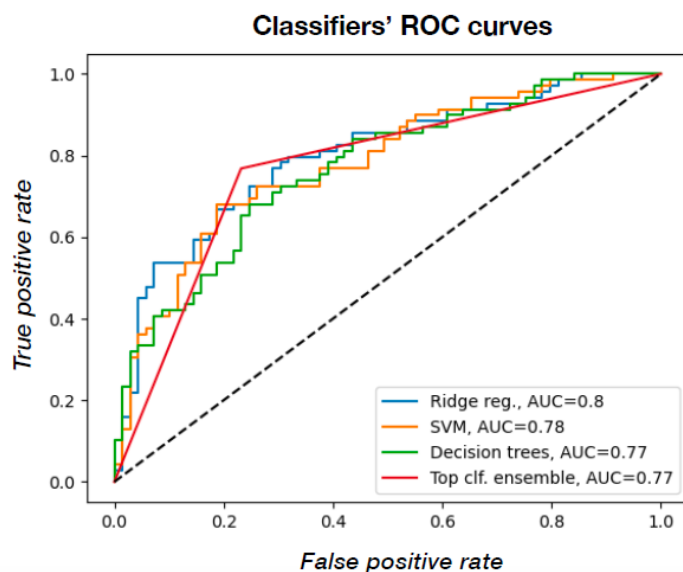


Рис. 2. ROC-кривая (receiver operating characteristic) лучших моделей, обученных на втором датасете

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В результате работы было построено два качественных антительных датасета, которые были использованы в рамках данного проекта, и будут использоваться в дальнейших работах. Был проанализирован большой набор характеристик антител, и были выявлены наиболее перспективные для характеристики антительных конформаций. На представленных параметрах была обучена модель, продемонстрировавшая точность 77% на тестовой выборке.

Данная работа является первой, где представлен подобный классификатор, и она может являться хорошим базисом для дальнейших исследований в этой области. Полученную модель можно успешно внедрять в процессы исследования и разработки антительных молекул, в частности при разработке препаратов на основе моноклональных антител.

Среди дальнейших планов планируется проверить полученные модели на устойчивость к синтетическим структурным флуктуациям, вызванными погрешностями *in silico* методов. Планируется проверить еще несколько перспективных дизайнов архитектур ML алгоритмов. А также совместить полученные результаты с другими методами структурной биоинформатики для получения гибридных методов, способных существенно улучшить отбор качественных структур.

Список использованных источников

1. Molecular Biology of the Cell, B. Alberts [et al.], W.W. Norton Company, 2017. DOI: 10.1201/9781315735368.
2. Human Monoclonal Antibodies: Methods and Protocols, editor Michael Steinitz, Humana Press, 2014. DOI: 10.1007/978-1-62703-586-6.
3. Kilambi K.P., Gray J.J., Structure-based cross-docking analysis of antibody–antigen interactions, Scientific Reports, 2017. DOI: 10.1038/s41598-017-08414-y.

Выпускник

Большим Максим Антонович

факультет программной инженерии и компьютерной техники

e-mail: maxim.bolshim@yandex.ru

Научный руководитель

Кугаевских Александр Владимирович

к.т.н., доцент факультета программной инженерии и компьютерной техники

e-mail: avkugaevskikh@itmo.ru

УДК 004.89

ОПТИМИЗАЦИЯ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ТРАНСФОРМЕР С СОХРАНЕНИЕМ КОНТЕКСТА ДЛЯ ЗАДАЧ ОБРАБОТКИ ЕСТЕСТВЕННОГО ЯЗЫКА

Ключевые слова

Трансформер, контекст, авторегрессионные модели, разреженный механизм внимания, LLM, ассоциативная память.

Цели и задачи

В настоящее время наблюдается растущий интерес к использованию нейросетей, базирующихся на архитектуре трансформеров, для анализа текстовых данных. Способность трансформеров к эффективной обработке обширных объемов текстовой информации делает их одними из наиболее востребованных инструментов в современном информационном мире.

Однако повышение качества решений подобных задач зачастую достигается за счет увеличения числа параметров нейронных сетей и объема анализируемого контекста. Это, в свою очередь, приводит к значительным затратам ресурсов и снижению эффективности работы таких сетей. В настоящее время базовые модели трансформеров, способные решать сложные задачи в области обработки естественного языка, требуют высокопроизводительных вычислительных ресурсов и специализированных ускорителей, таких как NVidia [1, 2].

Для решения заявленной проблемы выделяются следующие этапы работ:

1. Проведение начального анализа существующих улучшений в области архитектуры трансформеров.
2. Исследование возможных комплексных оптимизаций структуры трансформеров, синтез архитектуры.
3. Проведение тестирования новой архитектуры.

Основная часть

В ходе начального анализа и тестирования была выдвинута гипотеза, что модифицированный трансформер, ориентированный на локальные домены языковых задач и

использующий контекст и начальный вопрос для генерации решений исключительно на основе входных данных и обладающий знаниями только языкового моделирования, способен выполнять поставленную задачу с эффективностью, не уступающей общим мультимодальным моделям с большим числом параметров. Для достижения данной цели трансформер должен быть оснащен легковесным механизмом внимания, который строго отбирает входные признаки и обладает расширенным контекстным окном. Это реализуется посредством интеграции различных усовершенствований, предложенных в исследованиях Performer [3], Axial Transformer [4] и Sparse Attention Patterns [5].

Для решения вопроса эффективного подбора контекста и наименьшей потери точности после уменьшения размерности слоя внимания исследуется и создаётся дополнительный блок ассоциативной памяти, основанный на модифицированной версии глубокого вариационного автоэнкодера. Такой блок в ходе тестирования показал, что по входным данным способен обогащать контекст сети наиболее релевантными для решения задач данными на основе ассоциации паттернов ключевых фраз и предложений.

Предложенное комплексное решение прежде всего направлено на решение следующих проблем:

1. Снижение количества параметров в сети путем уменьшения параметров в слое внимания, отбирая только необходимые и важные элементы входных данных.
2. Увеличение эффективности вычислений. Это достигается благодаря снижению вычислительной сложности механизма внимания с квадратичной до линейной за счет улучшений, предложенных в работе Performer. Кроме того, сжатое пространство параметров также сокращает количество вычислений, что позволяет получать выводы из сети за более короткое время.
3. Блок ассоциативной памяти характеризуется высокой компактностью и эффективностью использования параметров сети, что существенно снижает размерность трансформера. Это оптимизирует его работу, настраивая параметры трансформера исключительно на задачах языкового моделирования и предоставлении ответов на основе входных данных. Все же знания, необходимые для решения задачи, находятся в новом блоке сети.

Итоговое тестирование в ходе исследований демонстрирует, что разработанная модель модифицированного трансформера не уступает в локальных задачах по сравнению с общепринятыми эффективными трансформерами, обладающими большей размерностью параметров и меньшим контекстным окном.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В ходе работы была спроектирована и реализована новая архитектура сети, что эффективно справляется с локальными доменами языковых задач за короткое время и наиболее эффективно использующая вычислительные ресурсы машины, на которой она работает. Начально поставленная гипотеза полностью подтверждена и имеет потенциал для дальнейшего развития и изучения. Все эксперименты проводились на вычислительном кластере ИТМО на основе четырёх NVIDIA Quadro 6000 и стенде с одной видеокартой NVIDIA RTX 2080.

В дальнейших работах планируется улучшение предложенной архитектуры и исследование применений различных адаптеров и методик оптимизаций для созданной нейронной сети для выведения методик наиболее эффективного её использования.

Список использованных источников

1. Yi T., Dehghani M., Dara B., Donald M. et al. Efficient Transformers: A Survey //arXiv preprint arXiv:2009.0673. – 2022.

2. Satwik B., Arkil P. Navin G. et al. On the Computational Power of Transformers and its Implications in Sequence Modeling // arXiv preprint arXiv:2006.09286. – 2020.
3. Choromanski K. et al. Rethinking attention with performers // arXiv preprint arXiv:2009.14794. – 2020.
4. Ho J. et al. Axial attention in multidimensional transformers // arXiv preprint arXiv:1912.12180. – 2019.
5. Wang H., Zhang Z., Han S. Spatten: Efficient sparse attention architecture with cascade token and head pruning // 2021 IEEE International Symposium on High-Performance Computer Architecture (HPCA). – IEEE, 2021. – Pp. 97–110.

Выпускник

Бондаренко Анастасия Григорьевна

институт лазерных технологий

e-mail: ag_bondarenko@itmo.ru

Научный руководитель

Романова Галина Викторовна

к.т.н., старший научный сотрудник, доцент института лазерных технологий

e-mail: gvromanova@itmo.ru

УДК 544.032.65

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ЛАЗЕРНОЙ ЗАПИСИ МИКРОФЛЮИДНЫХ СИСТЕМ НА КВАРЦЕВЫХ СТЕКЛАХ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ХЕМИЛЮМИНЕСЦЕНТНОГО АНАЛИЗА АКТИВНЫХ ФОРМ КИСЛОРОДА

Работа выполнена в рамках темы НИР №923014 «Лазерное воздействие как способ придания заданных функциональных свойств поверхности металлов».

Ключевые слова

Лазерное структурирование, поверхностная микрофлюидика, кварцевое стекло, активные формы кислорода, хемилюминесцентный анализ.

Цели и задачи

В вопросах диагностики и профилактики здоровья человека важной задачей является контроль и наблюдение за изменениями концентрации активных форм кислорода (АФК). Базальный метаболизм клеток поддерживается низкими или умеренными концентрациями АФК (пико- и наномоли вещества), однако внезапное повышение уровня АФК до десятков-сотен микромоль запускает процессы, приводящие к развитию серьезных сердечно-сосудистых, воспалительных и онкологических заболеваний [1]. Наиболее подходящим инструментом для детектирования и изучения низких концентраций АФК являются микрофлюидные (МФ) системы [2]. Целью работы является разработка метода лазерного изготовления МФ элементов на поверхности стекол для направленного перемещения малых объемов жидкости и МФ систем для проведения хемилюминесцентного (ХЛ) анализа АФК. Для достижения цели решались задачи по трем направлениям: изучение влияния лазерного излучения на геометрию создаваемых микроструктур, построение теоретической модели, описывающей процесс смешения различных реагентов в МФ системе, и проведение ХЛ анализа АФК.

Основная часть (методология, результаты)

На поверхности кварцевых пластин JGS1 с помощью коммерческой лазерной установки “С-Marker” (ООО «Лазерный центр», Россия) путем варьирования мощности и скорости сканирования CO₂-лазерного излучения возникают МФ каналы глубиной 800±230 нм до 38,4±2,3 мкм и шириной от 62,3±8,3 мкм до 184,9±12,4 мкм и резервуары, значения глубин которых лежат в диапазоне 800±60 нм – 33±3 мкм. Наиболее предпочтительные размеры и геометрии микроканалов были выявлены и получены с учетом анализа каталогов компаний, производящих коммерчески доступные МФ чипы [3]. Параметры излучения подобраны таким образом, чтобы не оказывать негативное влияние на оптическое пропускание МФ элементов в видимом диапазоне, что важно для детектирования оптических сигналов хемилюминесценции в сине-зеленой области спектра. Прямая лазерная запись обеспечивает возможность создания криволинейных микроканалов с определёнными параметрами шероховатости (до сотни нанометров) и объемом структур до десятков нанолитров.

Теоретическая модель, построенная в COMSOL Multiphysics и описывающая поведение многофазного потока в МФ системе с каналом, имеющим профиль поперечного сечения в виде гауссова распределения, показывает эффективность смешения в ~1,75 раз выше, чем МФ система с прямоугольным профилем микроканала. Это указывает на высокое качество лазерного излучения как инструмента для получения уникальной функциональной геометрии под задачи микрофлюидики. Модель также показывает, что увеличение скорости подачи реагентов в систему способствует повышению эффективности смешения трех жидкостей (рисунок, А).

Комбинация МФ элементов приводит к возможности создания змеевидных МФ систем для исследования АФК (рисунок, Б). Змеевидная МФ система с тремя элементами ввода реагентов была изготовлена для осуществления подачи трех разных жидкостей одновременно – люминола, гипохлорита натрия и гидроксида натрия. В результате смешения этих реагентов возникает химическая реакция с выделением АФК и испусканием фотонов. При увеличении скорости подачи реагентов в МФ систему интенсивность хемилюминесценции линейно возрастает (рисунок, В), что согласуется с теоретической моделью. Предел детектирования АФК в данной системе объемом 300 нл составляет 12 мкМ (рисунок, Г), что соответствует значениям повышенного содержания АФК в клетке, а значит разработанная МФ система может являться устройством для диагностики различных заболеваний.

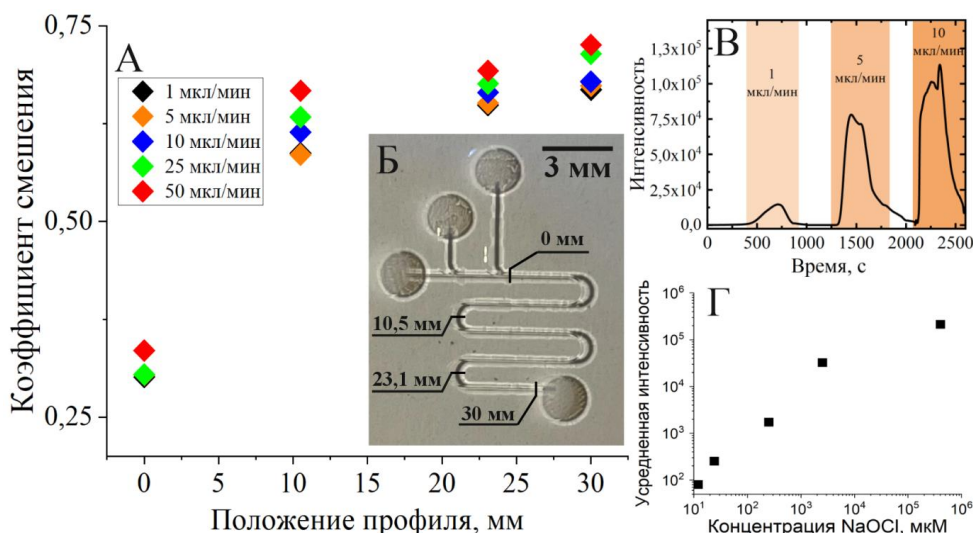


Рисунок. А) Зависимость коэффициента перемешивания от скорости подачи реагентов при движении потока по микроканалу, Б) Змеевидная МФ система со змеевидным каналом и тремя элементами ввода реагентов, на рисунке указаны исследуемые профили и их положения. В) Кинетика хемилюминесценции при детектировании молекул АФК при разных скоростях подачи жидкостей; Г) Зависимость интенсивности хемилюминесценции от концентрации окислителя

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В ходе исследования был разработан метод прямой лазерной записи, позволяющий получить МФ элементы и системы различной геометрии на поверхности стекол для направленного движения малых объемов жидкостей и проведения химических исследований. Теоретическая модель процесса движения трех различных реагентов в МФ системе, полученных путем прямого CO₂-лазерного структурирования, доказала, что эффективность смешения жидкостей в системе выше, чем в аналогичных системах с прямоугольной формой каналов. Изготовленные МФ системы предназначены для исследования условий ХЛ реакций для анализа АФК и способны определять предел детектирования АФК, равный 12 мкМ, что позволяет в будущем предложить изготовленную МФ систему в качестве диагностического устройства.

Список использованных источников

1. Sies H., Jones D.P. Reactive oxygen species (ROS) as pleiotropic physiological signalling agents // *Nature reviews Molecular cell biology*. – 2020. – Т. 21. – №. 7. – Pp. 363–383.
2. Li Y. et al. Downstream simultaneous electrochemical detection of primary reactive oxygen and nitrogen species released by cell populations in an integrated microfluidic device // *Analytical chemistry*. – 2018. – Т. 90. – №. 15. – Pp. 9386–9394.
3. The Lab-on-a-Chip Catalogue. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.microfluidic-chipshop.com/wp-content/uploads/microfluidic-ChipShop_Lab-on-a-Chip-Catalogue_10_2023.pdf (дата обращения: 21.06.2024).

Выпускник

Ботиров Искандар Хушнудович

центр химической инженерии

e-mail: i@ibotirov.ru

Научный руководитель

Носенко Татьяна Николаевна

к.т.н., доцент центра химической инженерии

e-mail: tnnosenko@itmo.ru

УДК 665.7.038.5

ОЦЕНКА ТЕРМООКИСЛИТЕЛЬНЫХ СВОЙСТВ ТЕХНИЧЕСКИХ МАСЕЛ ПРИ ВВЕДЕНИИ АНТИОКИСЛИТЕЛЬНЫХ ДОБАВОК

Ключевые слова

Моторное масло, окисление смазочных материалов, антиоксиданты, инфракрасная спектроскопия, нелинейная регрессия, предиктивная модель.

Цели и задачи

Целью данной работы является разработка предиктивной модели для прогнозирования стабильности масла от окисления на основе оценки термоокислительных характеристик технических масел при введении антиоксидантов. Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи: Получение инфракрасных спектров базового масла ЯНОС VHVI-8 с различными концентрациями антиоксидантных присадок Irganox L-135 и Irganox L-57; Анализ термоокислительных характеристик базового масла ЯНОС VHVI-8 с различными концентрациями антиоксидантных добавок для сравнения влияния различных концентраций присадок на стабильность масла; Разработка предиктивной модели для базового масла ЯНОС VHVI-8 с различными концентрациями антиоксидантных добавок с использованием методов регрессионного анализа для прогнозирования термоокислительных свойств масла на основе концентрации присадок.

Основная часть (методология, результаты)

Окисление является основной причиной деградации моторного масла и сокращения срока службы. Кислород и тепло ускоряют процесс окисления [1]. Присадки, добавляемые в базовое масло, могут составлять до 30% моторного масла [2]. Такие присадки, как антиоксиданты и моющие средства, замедляют окислительный эффект моторного масла, превращая его в кислоту. Антиоксиданты вступают в реакцию со свободными радикалами, образуя стабильные молекулы вместо распада углеводородов. Детергенты обеспечивают вторичную защиту от окисления, нейтрализуя кислотные соединения. Как только

антиоксиданты расходуются, образуется осадок и повышается вязкость масла. Эти присадки играют ключевую роль в улучшении качества топлива и масел, что становится все более важным в свете строгих экологических стандартов и требований к эксплуатации автомобилей. Обычно разработка новых присадок происходит параллельно с усовершенствованием техники и ужесточением экологических норм. В этом контексте предполагаемый механизм действия присадок в топливе становится предметом активного исследования [3].

Изучено влияние присутствия антиоксидантов фенольного и аминного типов в качестве ингибиторов при окислении базового масла ЯНОС VHVI-8. Инфракрасная спектроскопия с преобразованием Фурье в режиме нарушенного полного внутреннего отражения (НПВО) была объединена с методом нелинейной регрессии для анализа химических изменений масла в процессе окисления. Полученные инфракрасные спектры масла с различными концентрациями антиоксидантов Irganox L-135 и Irganox L-57 позволили выявить влияние данных присадок на термоокислительные свойства масла.

Результаты исследования показали, что характер замедления окисления масла имеет нелинейный характер, что подчеркивает необходимость оптимизации концентраций антиоксидантов. Аминные антиоксиданты, такие как Irganox L-57, продемонстрировали более продолжительное ингибирующее действие по сравнению с фенольными антиоксидантами, такими как Irganox L-135. Это связано с их способностью легче эффективно отдавать атомы водорода для нейтрализации пероксильных радикалов, что приводит к более длительному антиоксидантному эффекту. Полученная после предобработки выборка ИК спектров позволила определить момент начала образования карбонильных групп, что равняется 0.015 относительных единиц НПВО на волновом числе 1715 см⁻¹. Это позволило разработать предиктивную модель, которая позволяет прогнозировать время стабильности масла в зависимости от концентраций антиоксидантных присадок. Уравнение, полученное с помощью метода наименьших квадратов, имеет вид:

$$\text{time} = z_0 + A_1 * \cos(C_{\text{Irganox135}}) + B_1 * \cos(C_{\text{Irganox57}}) + A_2 * \cos(2 * C_{\text{Irganox135}}) + C_1 * \cos(C_{\text{Irganox135}}) * \cos(C_{\text{Irganox57}}) + B_2 * \cos(2 * C_{\text{Irganox57}}),$$

где $C_{\text{IrganoxL135}}$ обозначает концентрацию фенольной присадки Irganox L135, а $C_{\text{IrganoxL57}}$ обозначает концентрацию аминной присадки IrganoxL57. Коэффициенты модели (z_0 , A_1 , B_1 , A_2 , B_2 , C_1), включающие в себя косинусоидальные члены, отражают сложную природу взаимодействия присадок с процессом окисления. Метрики модели показывают высокую точность предсказания: коэффициент детерминации R^2 составил 0.9917, среднеквадратичная ошибка (RMSE) составила 17.04.

На основе полученного уравнения была разработана математическая модель, представляющая собой трехмерную поверхность. Эта поверхность описывает взаимосвязь между концентрациями антиоксидантных присадок и временем окисления масла. Графически поверхность отображена на рисунке.

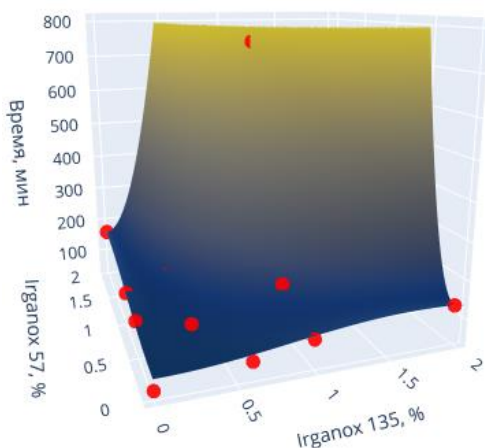


Рисунок. Полученная поверхность взаимосвязи концентраций антиоксидантных присадок и времени начала окисления масла

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

Проведенное исследование оценило влияние антиоксидантных присадок фенольного (Irganox L-135) и аминного (Irganox L-57) типов на термоокислительные свойства базового масла ЯНОС VHVI-8. Разработана предиктивная модель, описывающая динамику термоокислительных процессов в зависимости от концентраций антиоксидантных присадок, при совместном их введении от 0 до 2% масс. Полученная регрессионная модель имеет нелинейный характер и позволяет прогнозировать время окислительной стабильности масел. Это предоставляет возможность для дальнейшего изучения оптимальных пропорций присадок, способствующих максимальному замедлению процесса окисления. Также это открывает перспективы для исследования влияния других факторов, таких как температура, давление и присутствие других компонентов, на эффективность антиоксидантных присадок.

В дальнейшем исследование может быть расширено для включения других типов антиоксидантных присадок и их комбинаций. Это позволит уточнить механизмы действия присадок и определить оптимальные сочетания для различных применений. Также перспективным является исследование применимости разработанной модели к другим типам масел и условиям эксплуатации, что может значительно расширить её практическое применение и внести вклад в развитие технологий в области смазочных материалов.

Список использованных источников

1. Ratoi M., Tanaka H., Mellor B.G. et al. Hydrocarbon Lubricants Can Control Hydrogen Embrittlement // *Sci Rep.* – 2020. – Vol. 10. – P. 1361.
2. Роснефть-Смазочные материалы: Продукция. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rosneft-lubricants.ru/products/mvi-2.html?branch> (дата обращения: 25.06.2024).
3. Aul C.J., Moshier W.C. The Impact of Fuel Sulfur on Lubricant Oxidation // *SAE International Journal of Fuels and Lubricants.* – 2018. – Vol. 11. – №. 3. – Pp. 327–334.

Выпускник

Бошкovich Александра Ивановна
факультет биотехнологий
e-mail: alexandrabosk@gmail.com

Научный руководитель

Аль-Шехадат Руслан Исмаилович
к.б.н., доцент факультета биотехнологий
e-mail: ceo@innovaplus.ru

УДК 615.07

ОПТИМИЗАЦИЯ И ВАЛИДАЦИЯ МЕТОДИКИ АНАЛИЗА ОТНОСИТЕЛЬНОЙ СПЕЦИФИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ЛЕКАРСТВЕННЫХ СРЕДСТВ НА ОСНОВЕ МОНОКЛОНАЛЬНЫХ АНТИТЕЛ

Ключевые слова

Моноклональные антитела, относительная специфическая активность, иммуноферментный анализ, валидация биологических методик, критерии приемлемости, дизайн валидации, прецизионность.

Цели и задачи

Целью данной работы являлась оптимизация и валидация методики определения подлинности и относительной специфической активности лекарственного средства на основе фрагмента моноклонального антитела методом иммуноферментного анализа. В рамках поставленной цели были решены следующие задачи: 1. Разработан дизайн валидации методики анализа определения подлинности и относительной специфической активности. 2. Определены валидационные характеристики методики анализа. 3. Исследовано влияние используемых реагентов на аналитические характеристики разрабатываемой методики определения специфической активности моноклонального антитела.

Основная часть (методология, результаты)

Показатель биологической активности является одним из наиболее важных для доказательства отсутствия клинически значимых различий между оригинальным препаратом и биоаналогом. Так как не существует стандартизированных методов определения специфической активности препаратов на основе МКат, производителям препаратов необходимо разрабатывать методики анализа и проводить валидацию методов для дальнейшего контроля качества серий препаратов. Валидированные методики анализа являются обязательными составляющими регистрационного досье на лекарственный препарат.

Метод, приведенный в работе, использовался и для оценки подлинности, и для оценки специфической активности. В методике оценивалось подтверждение связывания МКат с белком-мишенью. Для этого использовали оценку активности методом параллельных кривых, т. е. оценивалось дозозависимое связывание препарата в сравнении с дозозависимым связыванием стандарта. В тесте моделировался основное биологическое действие препарата.

Протокол проведения иммуноферментного анализа состоит из следующих этапов:

1. Нанесение белка-мишени на 96-луночный планшет.
2. Добавление градиентного разведения препарата.
3. Получение комплекса «иммобилизованный белок - препарат».
4. Добавление вторичных антител, меченных пероксидазой хрена.
5. Добавление хромогенного реагента, остановка реакции, определение оптической плотности.
6. Вычисление результата специфической активности препарата [2].

Обработка результатов проводилась при помощи специализированного программного обеспечения. На основании полученных значений для группы стандартов и испытуемых образцов проводилось построение кривых, которые описываются четырех параметрической нелинейной регрессионной моделью. Для каждой постановки была проведена проверка системы и результатов на пригодность (адекватность), приемлемость для последующей обработки. Типичный вид дозозависимых кривых приведен на рисунке.

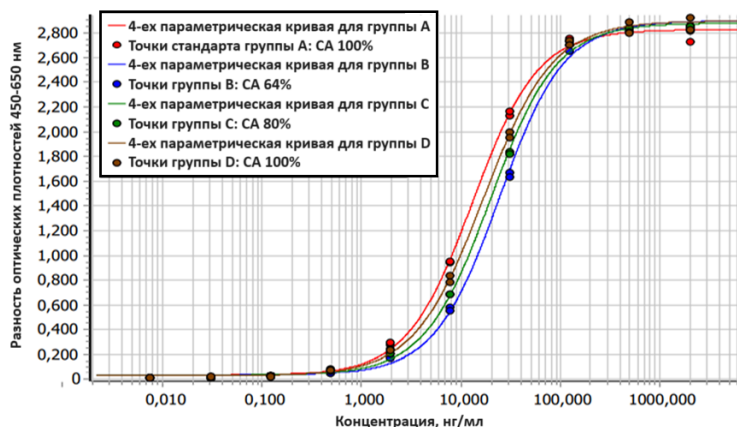


Рисунок. Типичный вид четырехпараметрических кривых для стандартного и испытуемых образцов

В ходе подбора рабочего титра детектирующих антител оценивалась работоспособность методики с конъюгатом 1. Подбор рабочего разведения детектирующих антител необходим, так как реактив является поликлональными антителами.

На основе вида полученных дозозависимых кривых, а именно наличие четкого верхнего и нижнего плато (не менее двух точек на плато), получаемых уровней сигнала оптической плотности (не более трех оптических единиц) и значения коэффициента наклона кривой (для лучшей воспроизводимости теста, это значение должно стремиться к единице), было выбрано разведения 1/30000.

Была проведена оценка работоспособности и воспроизводимости методики с использованием модельных растворов с различными уровнями активности.

В результате проведенных постановок все данные соответствовали критериям пригодности системы, открываемость для всех модельных растворов составила 80–120%, а относительное стандартное отклонение внутри каждого уровня не превысило 7%.

Оценивалась работоспособность методики с заменой детектирующих антител на аналог.

Были апробированы различные разведения альтернативного конъюгата (2). Полученные результаты оценивались по критериям пригодности системы, соотношению наклона кривых и значению половинной эффективной дозы стандартного образца полученном на данном титре конъюгата. С учетом результатов исследованных параметров было решено выбрать титр 1/30000

для конъюгата 2. Также была проведена оценка воспроизводимости и работоспособности методики испытаний по схеме два дня – два оператора на модельных растворах.

Для проведения дальнейшей валидации методики испытаний был разработан дизайн (план) валидации, включающий испытания на специфичность, линейность, правильность, сходимость, прецизионность, робастность. Было определено количество постановок, анализируемые растворы, критерии приемлемости [2, 3].

В результате проведения валидационных испытаний были получены следующие результаты:

1. Специфичность.

Специфическая активность для лекарственного средства находилась в пределах 80-120%. Плацебо препарата и образец отрицательного контроля не проявляли специфическую активность. Активность испытуемых образцов после тепловой деградации при 70°C снижалась в зависимости от продолжительности обработки. Таким образом, специфичность методики испытания подтверждена.

2. Линейность.

По полученным данным анализа модельных растворов были построены графики линейной зависимости натуральных логарифмов заданных значений уровней специфической активности от натуральных логарифмов определенных значений уровней специфической активности. Определено уравнение линейной зависимости и коэффициент детерминации.

На участке измеренной активности с 64% по 156% наблюдалась линейная зависимость, визуально не наблюдалось значительных выбросов по определенной активности. Коэффициент детерминации составил более 0,95, коэффициент линии регрессии вошел в диапазон 0,8–1,25.

3. Прецизионность.

Для оценки достоверности различий между результатами были проведены статистические расчеты.

Использовался двухвыборочный t- тест с одинаковыми дисперсиями для проверки равенства средних значений генеральной совокупности по каждой выборке.

Так как t-критическое двухстороннее больше модуля значения t-статистики, был сделан вывод, что с 95% вероятностью статистически значимых различий между результатами не наблюдалось.

Для дальнейших расчетов анализировали данные на предмет вариабельности внутри уровней активности с помощью однофакторного дисперсионного анализа ANOVA, предполагая, что данные, полученные разными аналитиками в разные дни, статистически не отличаются.

Для каждого из уровней специфической активности значимость результатов дисперсионного анализа данных больше 0,05, а F-критическое больше F-статистики. На основе этого можно сделать вывод, что различия между результатами внутри одного уровня специфической активности статистически значимыми не являются.

Дисперсионный анализ между повторами показал соответствие всех значений внутри уровней одной группы. Оценка компонентов дисперсии по каждому из уровней отдельно не показала превышения вариабельности более 6%.

4. Правильность.

Определялось средние значения относительной систематической ошибки и доверительные интервалы относительной ошибки для индивидуальных уровней, на основе чего был построен график.

На основе полученных данных был сделан вывод, что правильность определения активности для уровней 64–156% с учетом 95% доверительного интервала находится в диапазоне $\pm 20\%$.

Так как методика удовлетворяет всем валидационным критериям, на основании полученных результатов, полученных при определении линейности, повторяемости и правильности была установлена аналитическая область метода в диапазоне активности 80–120%.

5. Робастность.

Коэффициент вариации между образцами с различным временем инкубации составил не более 20%. Фактическое значение коэффициента вариации 3,6%.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В настоящей работе была впервые описана и проведена валидация методики определения подлинности и относительной специфической активности лекарственных средств на основе фрагмента моноклонального антитела методом иммуноферментного анализа. Проведена сравнительная оценка биоаналогичного препарата и оригинального. Доказано сходство обоих препаратов в отношении их специфической активности. Был разработан план (дизайн) проведения валидации методики анализа. В ходе валидации была проведена оценка характеристик: специфичность, линейность и диапазон применения, правильность, повторяемость (сходимость), промежуточная (внутрилабораторная) прецизионность, устойчивость (робастность). Были определены критерии пригодности валидационных характеристик. По итогу проведенных испытаний, все полученные результаты удовлетворяют требованиям, установленным для критериев приемлемости валидационных характеристик биоаналитических методик анализа для лекарственных средств на основе моноклональных антител. В рамках оптимизации методики испытания было проведено исследование влияния используемых реагентов на аналитические характеристики разрабатываемой методики определения специфической активности моноклонального антитела. Был подобран рабочий титр детектирующих антител, который составил 1:30000.

Так же была предложена замена детектирующих антител на антитела другого происхождения и другого производителя. Был подобран рабочий титр аналога детектирующих антител, который составил так же 1:30000. С использованием указанных конъюгатов была проведена оценка воспроизводимости на модельных растворах краевых уровней активности.

В виду того, что при проведении анализа использовались поликлональные детектирующие антитела, подбор рабочего титра детектирующих антител рекомендуется проводить при каждой смене лота реактива с подтверждающими экспериментами по схеме два дня – два оператора и оценке модельных растворов с уровнем активности 64%, 100% и 156% от номинального.

Валидированная методика пригодна для контроля качества лекарственных средств на основе фрагмента моноклонального антитела.

В рамках дальнейшей перспективы планируется разработка платформенной методики для других терапевтических белков.

Список использованных источников

1. Зыбин Д.И., Серегин А.С., Аскретков А.Д. и др. Разработка и валидация метода определения специфической активности рекомбинантного моноклонального антитела экулизумаб // Тонкие химические технологии. – 2020. – №. 15(2). – С. 77–85.
2. Design and Validation of Immunoassays to Detect Anti-Drug Antibodies, General Chapter – 1106 Immunogenicity Assays // United States Pharmacopeia and National Formulary (USP-NF). – 2024. DOI: https://doi.org/10.31003/USPNF_M99825_02_01.
3. Прудникова Е.Ю., Порошин Г.Н., Кудина Н.К. и др. Разработка и валидация метода оценки специфической антигемолитической активности препарата экулизумаб (Солирис). // Фармация и фармакология. – 2016. – №. 4(6). – С. 54–71.

Выпускник

Wang Naoyu

институт "Высшая инженерно-техническая школа"

e-mail: tonywhy0819@gmail.com

Научный руководитель

Губанова Людмила Александровна

профессор, д.т.н., профессор научно-образовательного центра фотоники и оптоинформатики

e-mail: lagubanova@itmo.ru

УДК 535.016

INVESTIGATION OF THE FACTORS INFLUENCING THE PARAMETERS OF POLARIZERS BASED ON MULTILAYER INTERFERENCE COATINGS

Ключевые слова

Polarizers, coating design, reflection, multilayer thin-film, optical films.

Цели и задачи

Multilayer thin-film polarizers offer better stability, higher polarization performance and more flexible design freedom than other types of polarizers. For multilayer thin-film polarizing elements, the accuracy of the angle of incidence is one of the main factors determining the final performance of the polarizer. Multilayer thin-film polarizers are often subjected to real-time adjustment of the angle of incidence during the performance testing and evaluation stages, and the spectral of the polarization performance of the polarizers as a function of the angle of incidence are measured in order to design the optical paths of the polarizers according to the optimal angle of incidence at which they can be operated. Therefore, it is necessary to propose an optimized structure of polarized thin films with large incidence angle tolerance.

Основная часть (методология, результаты)

A polarizer is an optical element designed according to the phenomenon of polarization of light, which serves to selectively reflect or transmit a specific polarized component of light, thus regulating the polarization state of light.

Polarizers are widely used in many fields. In the near-infrared (NIR) band, polarizers are used in polarization imaging technology, which obtains images containing a large amount of object information, and is one of the key technologies in the fields of product inspection, bio-imaging, and so on [1]. Also, multilayer films can also be used as a polarizer or phase retarder in the extreme ultraviolet (EUV) and even soft X-ray (XUV) bands [2].

Currently, the combination of zirconium oxide and silicon dioxide is one of the best polarizing coating material couples with both high contrast and high damage threshold. For this kind of material, Prof. Gubanova L.A. proposed in 2017 a 23-layer thin-film structure that can provide a bandwidth of 10 nm in the region where the transmittance of the p-component exceeds 98 percent [3]. But besides bandwidth, incident angle tolerance is also one of the main influencing factors in determining the final performance of the polarizer. In practice, many factors, including the parallel level of the light source, the positional accuracy of the optical components, and other factors are factors that affect the error in the actual angle of incidence of the polarizer compared to the theoretical design. And this is one of the fundamental reasons why the theoretical polarization performance differs from the actual performance of the polarizer.

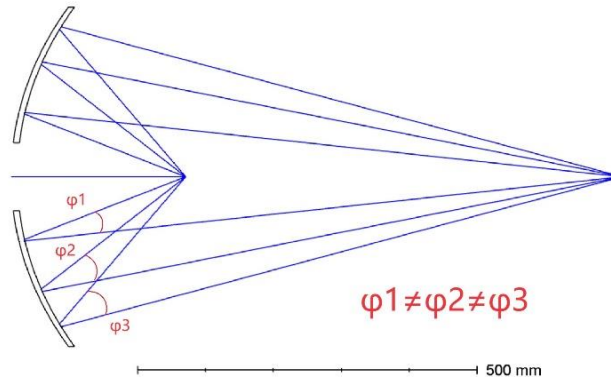


Figure. Angular error in the actual optical path (Reflector coated with polarized film)

The figure shows an application situation for a reflective polarizing film in which all three angles corresponding to the angle of incidence are different, and these differences can directly lead to a corresponding effect on the film reflectivity depending on the film characterization matrix.

$$Y_{s/p} = \left[\begin{array}{cc} \cos \delta_1 & \frac{i}{\eta_{1s/p}} \sin \delta_1 \\ i\eta_{1s/p} \sin \delta_1 & \cos \delta_1 \end{array} \right] \cdot \left[\begin{array}{cc} \cos \delta_2 & \frac{i}{\eta_{2s/p}} \sin \delta_2 \\ i\eta_{2s/p} \sin \delta_2 & \cos \delta_2 \end{array} \right]^K, \quad (1)$$

$$\delta_n = \frac{2\pi}{\lambda} n_n d_n \cos \theta_n, \quad (2)$$

$$r_{s/p} = \frac{(\eta_{0s/p} Y_{s/p 1,1} - \eta_{ms/p} Y_{s/p 2,2}) + (\eta_{0s/p} \eta_{ms/p} Y_{s/p 1,2} - Y_{s/p 2,1})}{(\eta_{0s/p} Y_{s/p 1,1} + \eta_{ms/p} Y_{s/p 2,2}) + (\eta_{0s/p} \eta_{ms/p} Y_{s/p 1,2} + Y_{s/p 2,1})}. \quad (3)$$

Which n_n is the refractive index of the material, d_n is the thickness (geometrical), θ_n is the angle of radiation propagation in the medium, which can be calculated by using Snell's formula, λ is the wavelength, η is optical admittance, numerically equal (In the visible and infrared wavelengths) to the refractive index n . Y is the characteristic matrix of the layer, r is the reflection coefficient.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

In our work, we have systematically investigated the main factors affecting multilayer thin-film polarizers by computer-simulated experiments, and based on the obtained conclusions, we have optimized the polarizer with a base structure of zirconia-silicon dioxide 14 layers, and we have obtained the structure of a reflective polarizer with a tolerance of the angle of incidence of more than 6 degrees, and with a value of R_s of more than 99% in this range.

In the future it may be possible to develop a system that automatically calculates the incident angle tolerance interval given the base parameters of the thin film polarizer.

Список использованных источников

1. Moritsugu S., Huynh T.N., Kohei N., Tomoyuki S., Masayuki T., Nobuhiro K., Hiroshi O. Polarization-probe polarization-imaging system in near-infrared regime using a polarization grating // *Scientific Reports*. – 2022. – №. 12(1). – P. 15268.
2. Huang Q., Medvedev V., van de Kruijs R., Yakshin A., Louis E., Bijkerk F. Spectral tailoring of nanoscale EUV and soft x-ray multilayer optics // *Appl. Phys. Rev.* 1. – 2017. – №. 4(1). – P. 011104.
3. Gubanova L.A., Perevozkin D.N. The Design Calculation Method of Wideband Interference Laser Plates Polarizers. // *Modeling, Optimization and Information Technology*. – 2017. – №. 5(2). – 150 p.

Выпускник

Велеулов Закий Алексеевич

факультет систем управления и робототехники

e-mail: zveleulov@yandex.ru

Научный руководитель

Быченко Владимир Анатольевич

к.т.н., доцент факультета систем управления и робототехники

e-mail: bychenok-vladimr@mail.ru

УДК 681.518.5

**ИССЛЕДОВАНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ БЕСКОЛЛЕКТОРНЫХ
ДВИГАТЕЛЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА ПРИ РАЗРАБОТКЕ
АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО
КОНТРОЛЯ**

Ключевые слова

Бесколлекторный двигатель постоянного тока, шаговый двигатель, автоматизированная система неразрушающего контроля, неразрушающий контроль, достоверность.

Цели и задачи

В современных автоматизированных системах неразрушающего контроля широкое применение нашли шаговые двигатели, однако за счет конструкции двигателя они обладают низким крутящим моментом на высоких скоростях и ограниченностью по шагу. Бесколлекторные двигатели данных недостатков лишены за счет аппаратно-программной коммутации. В связи с этим, задачами данной работы является анализ применения бесколлекторных двигателей постоянного тока в автоматизированных системах неразрушающего контроля, разработка программного обеспечения для управления двигателем и экспериментальная апробация применения бесколлекторных двигателей постоянного тока с целью повышения достоверности НК в автоматизированных системах НК.

Основная часть (методология, результаты)

На сегодняшний день в автоматизированных системах неразрушающего контроля (АСНК) широкое применение в электроприводах нашли шаговые двигатели (ШД), однако они обладают рядом существенных недостатков, таких как низкий крутящий момент на высоких скоростях и необходимость использования передаточного устройства. В настоящий момент развивается тенденция отказа от различных передаточных устройств в установках, которые

вызывают дополнительные люфты и понижают точность системы в целом, выполняя необходимые перемещения посредством только электродвигателя [1, 2]. Одним из вариантов электродвигателя для решения задачи позиционирования установки является бесколлекторный двигатель постоянного тока (БДПТ).

Использование БДПТ вместо ШД за счет устройства двигателя и отсутствия конструктивных ограничений позволяет повысить как разрешающую способность двигателя, так и точность позиционирования, обеспечить плавность перемещения звеньев АСНК, обеспечить низкий уровень генерируемого шума, а также БДПТ обладает большей удельная мощность. В качестве метода управления было выделено полеориентированное управление, которое позволяет точно за счет датчиков обратной связи, регуляторов и математических координатно-фазных преобразований управлять как моментом и скоростью двигателя, так его положением, при использовании ДПР с достаточным разрешением [3, 4].

На основе БДПТ и выбранного метода управления был разработан макет системы управления (рис. 1), основанный на микроконтроллере, разработан алгоритм реализации полеориентированного управления позицией вала (рис. 2), на основе него было разработано ПО.

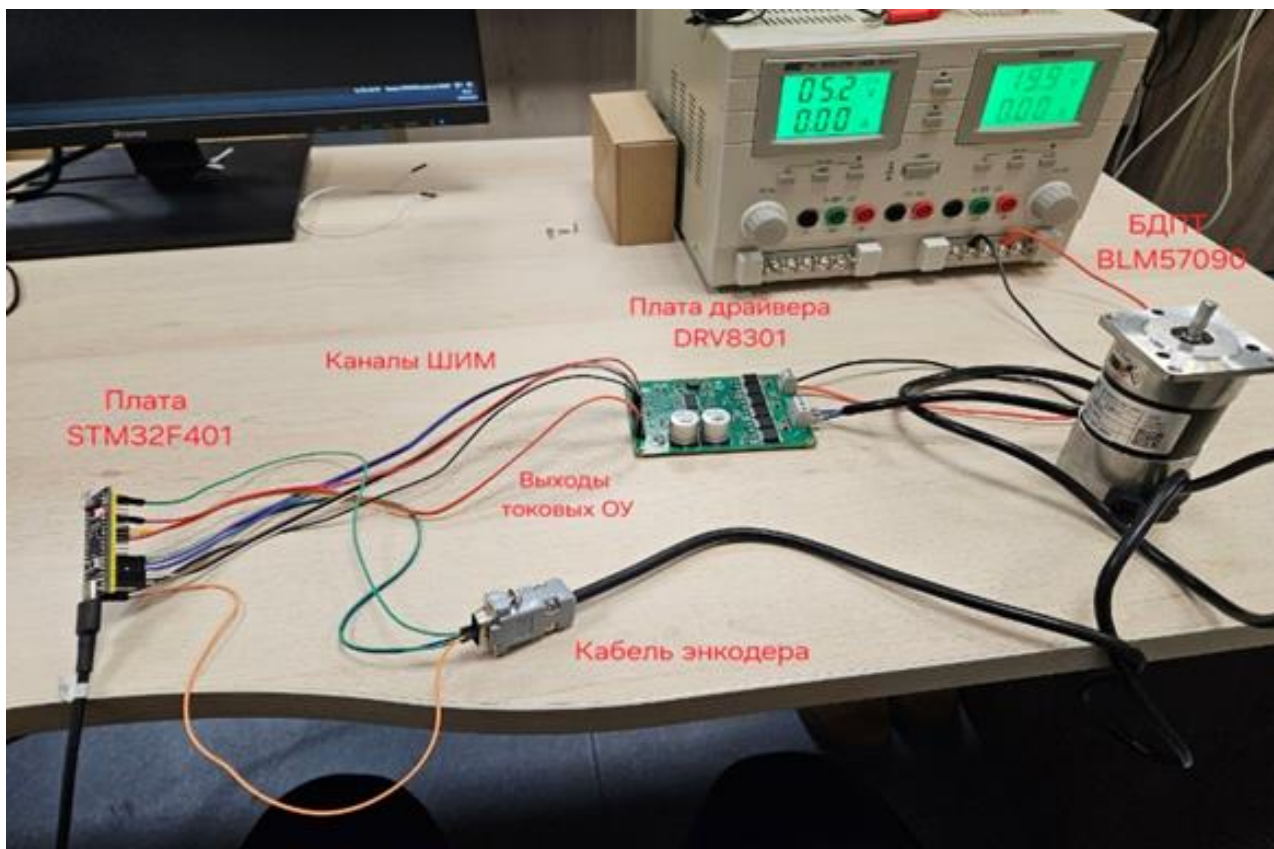


Рис. 1. Макет системы управления БДПТ

С помощью макета была произведена экспериментальная апробация применения БДПТ в АСНК, в качестве электропривода поворотного стола. Эксперимент заключался в сравнении достоверности неразрушающего контроля при использовании ШД и БДПТ при помощи оценки угловых перемещений поворотного стола с использованием теодолита [5]. В результате эксперимента, использование БДПТ вместо ШД в качестве электропривода поворотного стола повысила достоверность НК на 0,08 или 8%

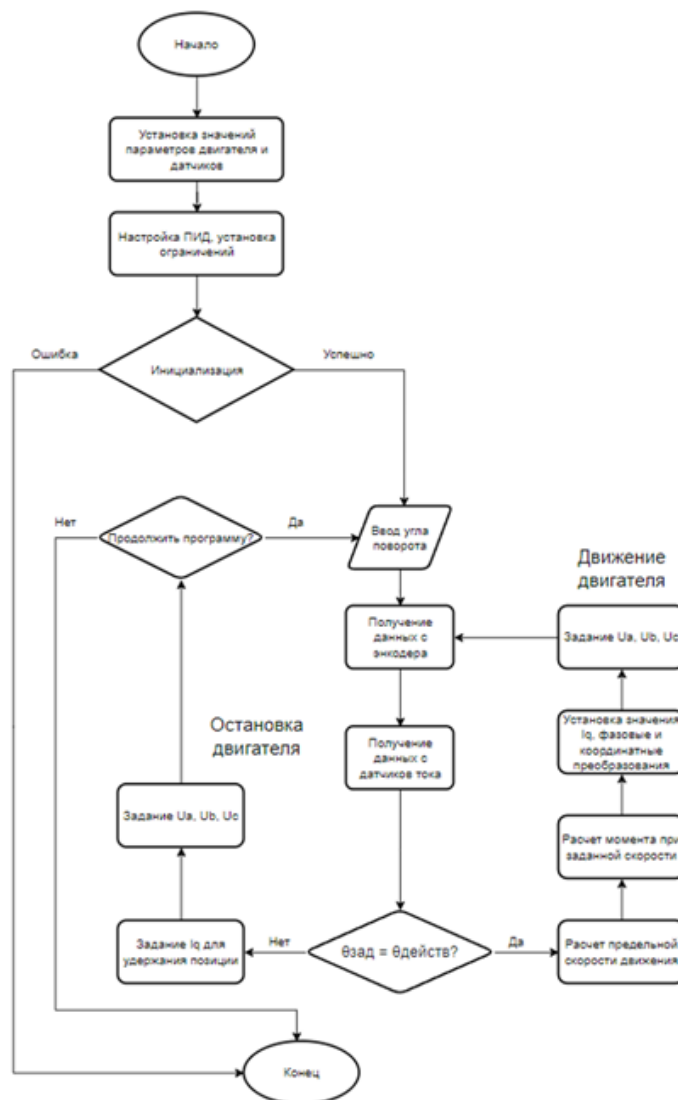


Рис. 2. Алгоритм реализации полеориентированного управления позицией вала БДПТ

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В данной работе выполнен анализ возможности применения БДПТ в АСНК вместо ШД. В качестве метода управления было выбрано векторное управление, а именно полеориентированное управление, которое позволяет точно за счет датчиков обратной связи, регуляторов и математических координатно-фазных преобразований управлять как моментом и скоростью двигателя, так его положением, при использовании ДПР с достаточным разрешением. Была разработана система управления положением БДПТ, реализован макет и разработано ПО. Благодаря данной системе управления имеется возможность обеспечивать максимальный крутящий момент на валу двигателя, что важно для отказа от различных передаточных устройств (понижающих редукторов) в электроприводах АСНК, а также отслеживать точное положение ротора и корректировать его, что в совокупности повысит точность позиционирования автоматизированных систем неразрушающего контроля, а, следовательно, повысит достоверность контроля. Была выполнена экспериментальная апробация, которая показала, что при выбранных условиях повышение достоверности НК при использовании разработанной системы управления БДПТ составило 0,08 или 8% в сравнении с использованием ШД.

Список использованных источников

1. Горячев О.В., Шигин И.А., Кузьмин М.А. Методика проектирования мехатронного модуля на базе синхронного двигателя встраиваемой конструкции секторного исполнения для перспективных комплексов // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2021. – № .11. – С. 398–406.
2. Фалеев М.В., Самок С.Г., Поклад П.М. Моментный электропривод систем наведения мобильных робототехнических комплексов // Вестник ГЭУ. – 2008. – №. 3. – С. 1–4.
3. Калачев Ю.Н. Моделирование в электроприводе / Ю.Н. Калачев. – Москва: ДМК, 2019. – 106 с.
4. Гаврилов Р.С. Управление синхронными машинами с постоянными магнитами / Р.С. Гаврилов, Ю.Н. Мустафаев. – Санкт-Петербург: БГТУ, 2019. – 78 с.
5. Коновалов Н.Н. Нормирование дефектов и достоверность неразрушающего контроля» М.: ГУП НТЦ ПБ. 2004. 132 с.

Выпускник

Власова Елизавета Кирилловна

институт прикладных компьютерных наук

e-mail: elizaveta.k.vlasova@gmail.com

Научный руководитель

Сергушичев Алексей Александрович

к.т.н., доцент факультета информационных технологий и программирования

e-mail: alserg@itmo.ru

УДК 004.94

**ОБНАРУЖЕНИЕ СПЕЦИФИЧНЫХ Т-КЛЕТОЧНЫХ РЕЦЕПТОРОВ
ПРИ ПОМОЩИ АНАЛИЗА ДАННЫХ СЕКВЕНИРОВАНИЯ
РЕПЕРТУАРОВ**

Ключевые слова

Статистический анализ, AIRR-seq, COVID-19, поиск биомаркеров, устранение batch эффектов, обогащение кластеров в графе.

Цели и задачи

Недавняя пандемия COVID-19 показала важность исследований в области поиска паттернов в иммунных клетках, ответственных за адаптивный иммунитет к тому или иному вирусу. Создание метода для детекции так называемых биомаркеров (Т клеточных рецепторов, характерных для многих инфицированных пациентов) может стать прорывом в создании иммунотерапии для заболеваний инфекционной, вирусной или аутоиммунной природы, а также помочь при быстром создании вакцин, эффективных против разных штаммов вирусов. Целью этого исследования было создание классификатора, отделяющего больных людей от здоровых, основанного на биомаркерах, найденных по большой когорте доноров. Для достижения этой цели был придуман и реализован метод для коррекции batch эффектов, метод для поиска биомаркеров, основанный на точном тесте Фишера, а также создан классификатор, который показывает устойчивость найденных биомаркеров при переносе с одной когорты пациентов на другую.

Основная часть (методология, результаты)

Адаптивный иммунитет является незаменимой частью организма человека, который каждый день оберегает нас от множества антигенов, попадающих на пути человека [1]. Частью адаптивного иммунного ответа является создание Т-клеток, специфичных к

конкретному заболеванию, которое происходит относительно быстро (уже на 5–7 день с момента заболевания). В данном исследовании был проведен анализ Т-клеточного иммунного ответа на вирус SARS-CoV-2, также известный как возбудитель COVID-19. У каждой Т-клетки на поверхности находится Т-клеточный рецептор, который получается путем V(D)J рекомбинации, когда из локуса иммунных генов выбирается один V, J и D (только для β цепи) и происходит их рекомбинация. Части ТКР, которые непосредственно связываются с антигеном, называются CDR (complementarity determining region), из которых наибольшее связывание с антигеном достигается у CDR3. Именно последовательности CDR3 являются главным объектом представленного исследования, и они могут быть просеквенированы при помощи технологии AIRR-seq или Rep-seq.

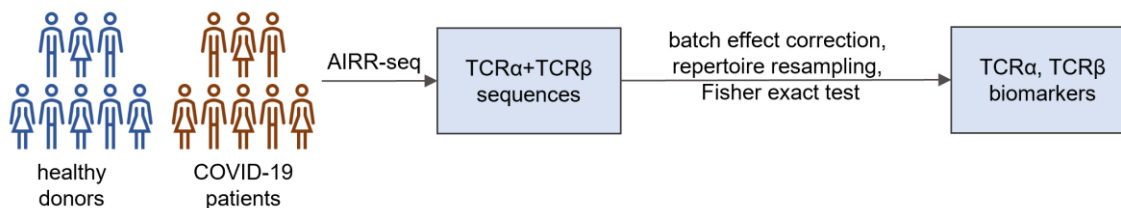


Рис. 1. Графическое представление получения ТКР биомаркеров из когорты

Для проведения исследования была подготовлена когорта из более, чем 1000 пациентов, треть из которых являются контрольными донорами (далее когорта 1). 383/377 образцов TCR α/β были от здоровых доноров (отрицательный ПЦР тест на SARS-CoV-2 или получены до пандемии) и 890/848 от пациентов с положительным тестом на COVID-19. При помощи технологии секвенирования репертуаров Т-клеточных рецепторов (AIRR-seq) были получены репертуары Т клеточных рецепторов для альфа и бета цепей. Образцы с покрытием менее 100000 прочтений были устранены из анализа (рис. 1).

Описанные выше данные были просеквенированы в 9 пакетах, что повлекло за собой появление batch эффекта. Наличие batch эффекта было продемонстрировано путем тестирования распределения использования V/J генов между батчами с использованием теста Краскала-Уоллиса, а также наблюдается на TSNE графиках, построенных по используемости V/J генов. Для устранения batch эффекта был предложен метод, основанный на преобразовании распределений использования V/J генов внутри каждого пакета. Предложенная процедура нормализовала распределения использования генов по образцам, приводя исходно логнормальные распределения к стандартным нормальным для их объединения в единое стандартное нормальное распределение. Далее полученные для каждого V/J гена распределения были переведены в положительную плоскость путем применения функции сигмоиды с дополнительным множителем, отвечающим за исходное среднее значение используемости гена в когорте. Полученные новые распределения были использованы для проведения процедуры сэмплирования исходных частот используемости CDR3 при помощи метода roulette wheel selection, который позволил переназначить всем клонотипам новые частоты в соответствии с распределением используемости V и J генов внутри каждого образца.

Следующим шагом исследования было создание метода для поиска биомаркеров, ассоциированных с COVID-19. Кандидатами в биомаркеры были признаны все клонотипы (последовательности CDR3), которые имеют как минимум две независимые аминокислотные сборки. Это значит, что либо данный клонотип возник в двух и более пациентах, либо был собран внутри одного пациента при помощи нескольких нуклеотидных вариантов. Далее для каждого клонотипа был проведен точный тест Фишера, сравнивающий число независимыхборок искомого CDR3 в когорте здоровых людей по сравнению с больными. После применения поправки на множественную проверку гипотез было получено 4887 TCR α и 574 TCR β биомаркеров (рис. 2, А, В). Анализ показал, что эти клонотипы составляли значительную долю в образцах доноров, перенесших COVID-19, значительно более высокую, чем у здоровых доноров. Помимо этого, графовый анализ найденных биомаркеров показал их хорошую

кластеризацию, а многие кластеры были проаннотированы, как похожие на экспериментально полученные COVID-19-специфичные последовательности путем поиска ассоциаций в VDJdb.

Далее был построен классификатор, основанный на признаках, полученных как использование отдельных кластеров TCR α и TCR β биомаркеров в каждом сэмпле. Такой подход позволил избавиться от шума, вносимого использованием каждого отдельного биомаркера и привел к достижению average precision score предсказаний, равного 0.88 (рис. 2, C).

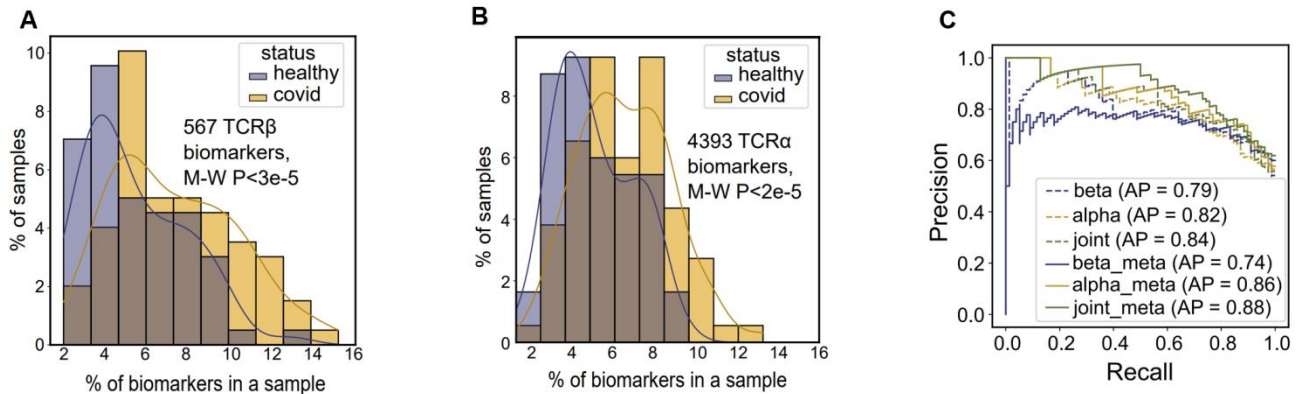


Рис. 2. А, В) Использование биомаркеров в здоровых и больных образцах для TCR β (А) и TCR α (В) данных; С) Precision-recall curve для разных типов классификаторов. Лучшие результаты достигаются у joint_meta классификатора (построен на использовании кластеров для TCR β и TCR α биомаркеров одновременно). AP обозначает average precision score

Отдельной целью исследования была демонстрация робастности полученной модели. Для этого из открытых источников был собран набор данных секвенирования репертуаров, состоящий из примерно 2000 образцов (когорта 2). Для данной когорты было критичным хорошее исправление batch эффекта, поскольку в данном случае разделение данных по пакетам совпадало с разделением по инфекционному статусу (здоровые образцы были получены в 2017 [2] году, когда больные люди были прочитаны не ранее 2020 года [3]). Нами был применен ранее описанный метод для коррекции batch эффекта, который позволил избавиться от большей части крупных публичных клонов, приходящих из засоров при секвенировании. Таким образом, было найдено 2066 биомаркеров с коэффициентом кластеризации равным 8.94 (высчитывается как отношение общего числа биомаркеров к числу кластеров в графе). После применения коррекции batch эффекта одновременно ко всем данным из когорт 1 и 2 были построены два классификатора. Один из них принимает в качестве тренировочной выборки образцы когорты 1 и предсказывает инфекционный статус для когорты 2, а второй классификатор наоборот обучен на когорте 2 и предсказывает статусы когорты 1. Оказалось, что precision recall score предсказаний больше 0.7 для обоих классификаторов. Это показывает робастность разработанного метода, поскольку биомаркеры, полученные на одной из когорт могут быть хорошо перенесены на другую несмотря на различие в происхождении данных (рис. 3, А), разности этносов пациентов, а также различия в протоколах секвенирования.

В организме человека за представление антигена отвечают молекулы называемые МНС I и II класса. Соответственно, в зависимости от аллелей HLA адаптивная иммунная система будет отвечать на антиген несколько по-разному. В частности, была найдена дюжина биомаркеров, характерных исключительно для пациентов, положительный по DRB1*16, DQB1*05, которые являются специфичными именно для такой подгруппы пациентов (рис. 3, В). Помимо этого, было показано, что информация об аллелях МНС I и II класса повышает качество находимых биомаркеров. В частности, для этого были отобраны биомаркеры для двух под-когорт: первая состояла только из пациентов положительных по HLA-A*02 (таких пациентов 488), а вторая из случайных 488 образцов. Было показано, что качество

предсказаний для A*02 положительной когорты статистически значимо выше, чем для случайно когорты пациентов (рис. 3, С).

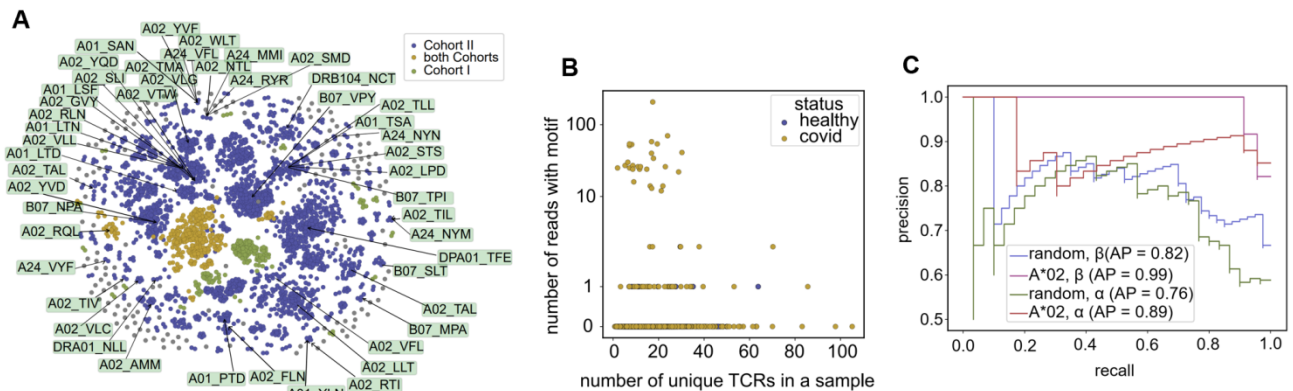


Рис. 3. А) Визуализация графа биомаркеров из обеих когорт. Желтым обозначены кластеры, которые пересекаются между биомаркерами когорт; В) Используемость биомаркеров, специфичных для DRB1*16+DQB1*05 положительных доноров (экспрессия наблюдается только в больных пациентах); С) Precision-recall curve классификаторов по случайной когорте и A*02 положительной

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В ходе данного исследования был предложен робастный метод для обнаружения биомаркеров, специфичных к тому или иному антигену. Было показано, что этот метод может быть применен для данных, подготовленных в разных лабораториях в течение большого промежутка времени, а значит, может быть, в дальнейшем применен для исследования других вирусных заболеваний. Найденные биомаркеры могут послужить шаблонами для дизайна вакцин против вирусных заболеваний, поскольку они являются публичными последовательностями и встречаются в большом числе пациентов.

Дальнейшее развитие работы повлечет расширение метода для использования на bulk RNA-seq, а также single-cell RNA-seq данных, что сможет еще расширить область применения метода, сфокусироваться на отдельных подгруппах клеточных типов или рассмотреть биомаркеры других заболевания, в том числе аутоиммунных, таких как псориаз или диабет, и онкологических. Также планируется расширение возможностей метода в области сравнения клонотипов и обозначения их публичными, для чего будут рассмотрены различные способы представления клонотипов: с использованием NLP моделей, через VJ эмбединги, а также эвристические методы.

Список использованных источников

1. “Immunobiology - NCBI Bookshelf.” Accessed: Sep. 19, 2023. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK10757/> (дата обращения: 20.06.2024).
2. Emerson R.O. et al. Immunosequencing identifies signatures of cytomegalovirus exposure history and HLA-mediated effects on the T cell repertoire // Nat Genet. – 2017. – Vol. 49. – №. 5, Art. no. 5. DOI: 10.1038/ng.3822.
3. Nolan S. et al. A large-scale database of T-cell receptor beta (TCR β) sequences and binding associations from natural and synthetic exposure to SARS-CoV-2 // Res Sq, p. rs.3.rs-51964, Aug. 2020. DOI: 10.21203/rs.3.rs-51964/v1.

Выпускник

Воскресенская Анастасия Эдуардовна

факультет технологического менеджмента и инноваций

e-mail: anastas5696@gmail.com

Научный руководитель

Василенок Виктор Леонидович

профессор, д.э.н., доцент факультета технологического менеджмента и инноваций

e-mail: fem1421@yandex.ru

УДК 630

**РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОЦЕНКИ ГОТОВНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ К
ДОБРОВОЛЬНОЙ ЛЕСНОЙ СЕРТИФИКАЦИИ ПО НАЦИОНАЛЬНОЙ
СИСТЕМЕ**

Ключевые слова

Лесная сертификация, цепочка поставок, чек-лист, стандарт цепочки поставок, лесной эталон.

Цели и задачи

Лесная сертификация является важнейшим механизмом сохранения лесов на нашей планете и повышения качества управления лесами. Наиболее востребованной частью лесной сертификации является цепочка поставок, что определяет необходимость разработки методов оценки готовности предприятия к сертификации по национальной системе.

Основная часть (методология, результаты)

Рост глобализации увеличил темпы деревообрабатывающего и деревоперерабатывающего производств, а лесные ресурсы стали занимать одно из ключевых мест в экономике многих стран, включая Россию. В бешеной гонке за удовлетворение покупательского спроса и наращивание объема производства избыточная эксплуатация природных ресурсов, сопряженная с отсутствием эффективной системы лесоуправления, привела к повышению уровня нелегальной заготовки древесины, что стало критической точкой в развитии лесного сектора. Это усилило внимание экологических организаций и потребителей к вопросам устойчивого лесоуправления и экологической ответственности лесозаготовителей и предприятий [3]. Необходим был инструмент «ценности леса», так стала рождаться лесная сертификация.

В основу добровольной лесной сертификации легли стандарты лесоуправления и цепочки поставок. При анализе распределения сертификатов, в том числе в рамках системы «Лесной эталон», выявлено, что количество организаций, вовлеченных в схему цепочки поставок, гораздо больше, чем в лесоуправление. Данный факт подтверждает необходимость

оптимизации процессов внедрения стандартов цепочки поставок с целью увеличения количества организаций, занимающихся переработкой лесоматериалов и их поставкой для производства продукции с добавленной стоимостью. Такой подход не только способствует достижению основных целей лесопромышленной отрасли, но и является важным шагом к достижению глобальных целей государства в области устойчивого лесопользования.

Основной задачей сертификации цепочки поставок лесной продукции (CoC) является обеспечение прослеживаемости материала лесного происхождения от места заготовки до потребителя через этапы смены собственника, переработки в процессе производства или повторного использования материала, сортировки, транспортировки продукции. Важной задачей системы добровольной лесной сертификации по стандарту цепочек поставок также является отделение материалов, заготовленных из ответственно управляемых лесов и контролируемых источников от иных неприемлемых.

Обеспечивать учет сертифицированного сырья по всей производственной и торговой цепочке помогают требования стандартов и процедур цепочки поставок, которые определяет система добровольной лесной сертификации. До 2022 года в России основными действующими системами добровольной лесной сертификации были FSC (Forest Stewardship Council) и PEFC (Programme for the Endorsement of Forest Certification) [2]. Разрыв отношений с FSC International и PEFC International и нежелание видеть российскую древесину на экологически чувствительных рынках мог повлечь за собой откат во всех экологических и социально-ориентированных практиках лесной отрасли. Так, в России появилась национальная система добровольной лесной сертификации «Лесной эталон», в основу которой легли международные принципы и критерии FSC и лучшие накопленные национальные практики.

Стандарт цепочки поставок «Лесного эталона» предусматривает внедрение в бизнес-процессы организаций [1]:

- системы должной добросовестности (Due Diligence System — DDS);
- определение критических контрольных точек (ККТ);
- обучение персонала;
- анализ требований внешней среды;
- взаимодействие с заинтересованными сторонами;
- разработку системы управления процессами;
- внедрение документированной СМК;
- мониторинг и анализ процессов.

Сертификация предприятия по цепочке поставок – сложный процесс, который требует непрерывной, систематической и последовательной работы. Для успешного внедрения требований стандарта цепочки поставок в бизнес-процессы организации следует рассматривать процесс через призму проектного менеджмента (ГОСТ 21500-2014), где подготовка предприятия к сертификации осуществляется в пять этапов, каждый из которых характеризуется четко поставленной задачей (рис. 1).

В рамках проекта внедрения требований стандарта цепочки поставок была расширена группа процессов и выделены дополнительно этап принятия решения высшим руководством и этап оценки соответствия требованиям, которую проводит орган по сертификации (рис. 2).

Проект внедрения требований стандарта цепочки поставок включает в себя большое количество основных процедур (рис. 3), при реализации которых проектная деятельность переходит в операционную деятельность предприятия. Процесс приобретает циклический характер, поэтому завершение алгоритма может не наступить ровно до того момента, пока не будет принято решение о приостановке действия сертификата.

Для обеспечения возможности предприятия продемонстрировать соответствие применимым требованиям на каждый пункт стандарта СТО-42952298-003-2022 системы «Лесной эталон» были разработаны необходимые комментарии по внедрению, а также перечень основных свидетельств (рис. 4), которые включают:

- документы;

- процедуры;
- формы записей (бумажные, электронные и т.д.);
- компетенция персонала.



Рис. 1. Взаимосвязь групп процессов управления



Рис. 2. Упрощенный алгоритм внедрения требований стандарта по группам процессов управления

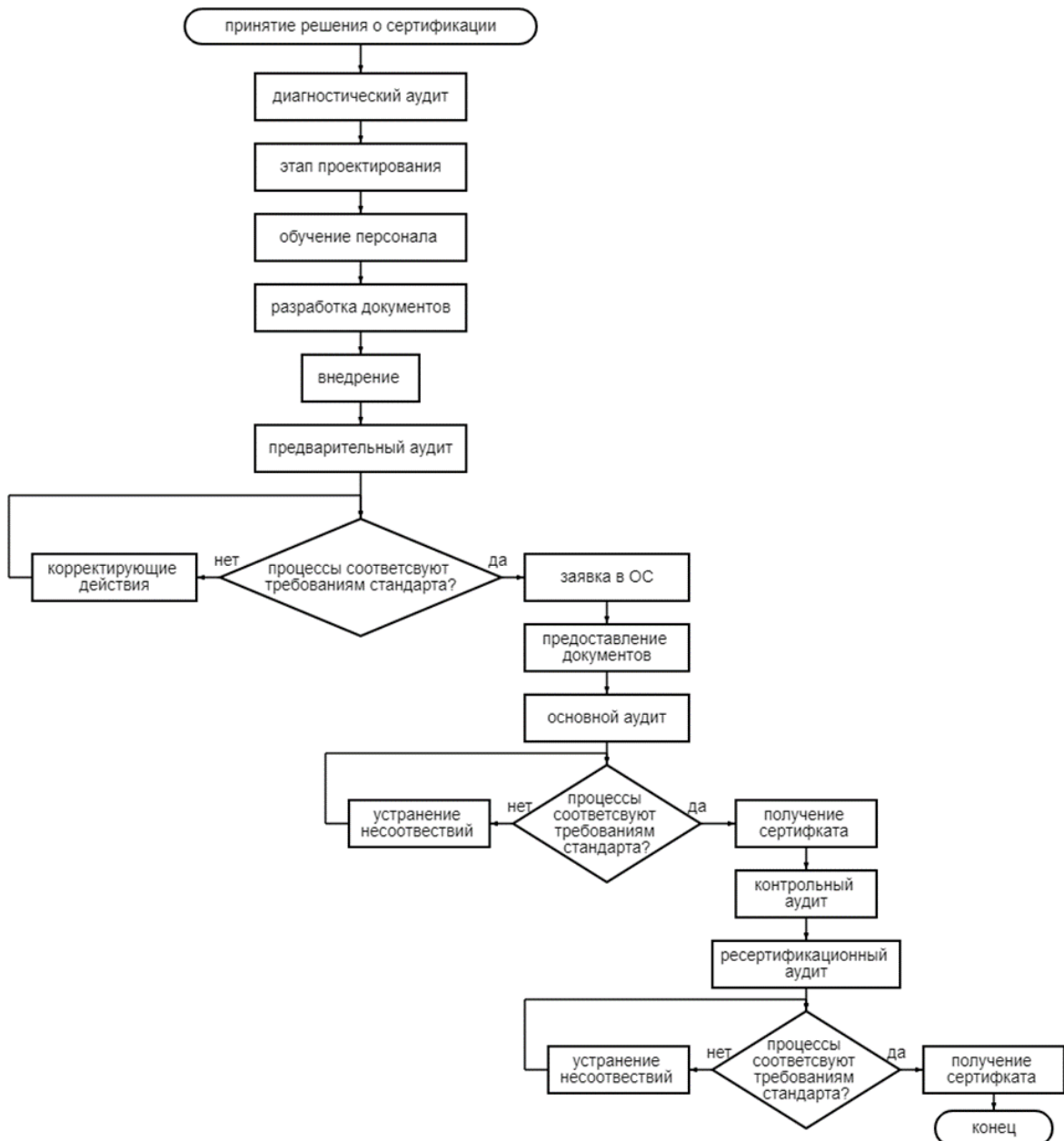


Рис. 3. Алгоритм внедрения требований стандарта

Часть II: Общие требования	
2.1 Система управления цепочкой поставок	
<p>2.1.1 Организация должна внедрить и поддерживать систему управления цепочкой поставок согласно своему размеру и структуре для обеспечения непрерывного соответствия всем применимым требованиям сертификации по схеме «Лесного эталона», включая следующее:</p> <p>а) назначить представителя руководства, несущего общую ответственность и имеющего полномочия для обеспечения соответствия деятельности организации всем применимым требованиям сертификации;</p> <p>б) внедрить и поддерживать актуальные документально установленные процедуры для выполнения сертификационных требований, применимых к области действия сертификата;</p> <p>с) определить ключевой персонал, ответственный за выполнение каждой процедуры;</p> <p>д) обучить персонал по актуальным версиям процедур организации с целью обеспечить их компетентность для выполнения системы управления цепочкой поставок;</p> <p>е) вести полный и своевременный учет документов, относящихся к демонстрации выполнения организацией всех применимых сертификационных требований со сроком хранения учетных записей не менее пяти (5) лет. Как минимум, организация должна хранить учетные записи следующих документов, согласно области действия сертификата: процедуры, перечни групп продукции, документы о проведении обучения, торговую документацию, записи учета материалов, годовые отчеты по объемам, разрешения на использование товарного знака, перечни поставщиков, жалобы, документы по аутсорсингу, записи о контроле несоответствующей продукции, документы программы подтверждения вторичных материалов и системы должной добросовестности для контролируемого материала и древесины, контролируемой по схеме «Лесного эталона».</p>	
Свидетельства	НС
<p>Организация должна разработать и внедрить адекватные, актуальные и результативные процедуры, учитывающие размер и объем функционирования Организации (сферу деятельности, удаленные подразделения и т.д.), включенной в область сертификации. Процедуры: например, но не ограничиваясь, Руководство по цепочке поставок, и др.</p> <p>а) Наличие Приказа (распоряжения и т.п.) о назначении ответственного с соответствующими полномочиями, несущего ответственность за управление применимыми требованиями. Назначенное лицо должно быть компетентно в вопросах применения системы СОС и способно осуществлять внутреннее обучение сотрудников, задействованных в системе цепочки.</p> <p>б) Убедиться, что процедуры, разработанные Организацией, являются адекватными и актуальными и эффективными и соответствуют всем применимым требованиям FE. Например, Руководство по цепочке поставок и др. Полный список документов, применимых к цепочке поставок (инструкции, руководства и т.д.). Например, руководство по цепочке поставок, инструкция по приемке древесины, порядок расчета коэффициентов пересчета и т.д.</p> <p>с) Запрашивается список сотрудников, задействованных в системе цепочки; проверяется – включены ли в должностные инструкции, приказы, внутренние процедуры Организации обязанности, связанные с выполнением применимых требований.</p> <p>Пожалуйста, укажите ответственных за выполнение тех или иных требований стандарта в соответствующих разделах ниже.</p> <p>д) Проверить в ходе интервью среди достаточного многообразия и количества сотрудников, что вовлеченный персонал имеет опыт использования процедур и понимание личной</p>	<input type="checkbox"/>

Рис. 4. Фрагмент чек-листа для оценки соответствия предприятия требованиям стандарта цепочки поставок

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

Внедрение требований стандарта цепочки поставок системы «Лесного эталона» существенно повышает эффективность и конкурентоспособность предприятия, способствуя его устойчивому развитию и укреплению позиций на рынке. Для успешной интеграции требований стандарта цепочки поставок был разработан поэтапный план действий, включающий анализ текущего состояния предприятия, обучение персонала, реализацию необходимых изменений и постоянный мониторинг процессов. Алгоритм обеспечивает системный подход к внедрению стандарта, минимизируя риски и обеспечивая высокую эффективность процесса.

Проанализировать эффективность предпринятых действий по внедрению требований стандарта СТО-42952298-003-2022 поможет разработанный чек-лист для самооценки. Он предусматривает возможность оценить процесс закупок и поставок, контроль производственных процессов, мониторинг и аудит цепочки поставок, а также учет и отчетность по стандарту системы.

Применение данных методов позволит не только повысить прозрачность и эффективность цепочки поставок, но и повысит конкурентоспособность предприятия на рынке за счет демонстрации приверженности экологическим и социальным аспектам.

Список использованных источников

1. СТАНДАРТ «Лесного эталона» по цепочке поставок (СТО-42952298-003-2022 Версия 1.2).
2. Куликова О.В. Лесная сертификация в современных условиях развития Российской Федерации // Новеллы права, экономики и управления 2022: Материалы VIII Международной научно-практической конференции, Гатчина, 25 ноября 2022 года. Том 1. – Гатчина: Государственный институт экономики, финансов, права и технологий, 2023. – С. 214–217.
3. Птичников А.В. Добровольная лесная сертификация: учебное пособие / А.В. Птичников, Е.В. Бубко, А.Т. Загидуллина ; под редакцией А.В. Птичников, С.В. Третьяков. — М.: Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2011. – 175 с.

Выпускник

Габидулина Злата

факультет экотехнологий

e-mail: zlatagabidulina08@gmail.com

Научный руководитель

Данилюк Мария Александровна

преподаватель факультета экотехнологий

e-mail: maria-a-d@yandex.ru

УДК 502.3

ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ОДНОРАЗОВОЙ ПОСУДЫ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Ключевые слова

Одноразовая посуда, оценка жизненного цикла, инвентаризационный анализ, оценка воздействия, отходы от использования товаров и упаковки.

Цели и задачи

Проблема использования одноразовой посуды и упаковки заключается в нерешенности вопроса, связанном с отсутствием системного подхода и реальной оценкой воздействия. Проблема также существует и в вопросе использования потенциала отходов изделий в качестве вторичных ресурсов, так как за время использования материалы, из которых они изготавливаются зачастую, не успевают потерять своих первичных свойств или деструктурировать, потому на полигон фактически направляются изделия в своем первоначальном виде. Цель работы состояла в оценке воздействия одноразовой посуды на окружающую среду. В задачи исследования входило сравнение влияния выбора материала и сценариев окончания срока службы на воздействие одноразовых изделий на окружающую среду. Предполагалось, что значительных улучшений можно достичь с помощью оптимизированного выбора материала и сценария по обращению с отходами.

Основная часть (методология, результаты)

Воздействие концепции одноразовой посуды на окружающую среду было изучено с помощью метода Оценки жизненного цикла (ОЖЦ). Целью исследования было получение информации о влиянии: картонного стакана, пластикового стакана, картонной коробки для бургера и пластиковой тарелки по всему жизненному циклу. Одноразовая посуда на основе

картона сравнивалась с изделиями на основе полимеров, учитывая назначение разных типов посуды.

Экологические характеристики альтернативных продуктов были рассчитаны на основе входных данных для конкретного изделия (сырье, вспомогательные материалы, топливо, электроэнергия и транспортировка) и выходных данных (продукты, выбросы, сбросы, отходы и транспортировка).

Границы системы определяют единичные процессы, которые должны быть включены в систему. Рассматривались следующие единичные системы: приобретение сырья; выпуск продукции в основной последовательности производства; распределение/транспортировка; использование топлива, электроэнергии и тепла; альтернативные варианты обращения с отходами после использования продуктов. Для создания одинаковых условий для каждой единицы одноразовой посуды была выбрана единая траектория движения по жизненному циклу. Движение упаковки начиналось с производства на заводе Huhtamaki, расположенного в Московской области, далее упаковка поступала в распределительный центр в Санкт-Петербурге, после транспортировалась в ресторан быстрого питания, где использовалась по назначению, а затем удалялась, в качестве отхода.

Оценка жизненного цикла проводилась в соответствии с основными принципами стандартов: ГОСТ Р ИСО 14040 [1]. Моделирование системы и оценка воздействий были выполнены в программе SimaPro, в качестве метода был использован ReCiPe 2016 Midpoint (H).

Сравнительная характеристика влияния картонной коробки и пластиковой тарелки по шести категориям воздействия представлена на рисунке 1. При визуализации воздействий по категориям учитывались следующие процессы: использование и обработка сырья для производства единицы одноразовой коробки и пластиковой тарелки; технологический процесс на предприятии. Графическое представление воздействий проиллюстрировано в процентах: значение в 100% присваивается альтернативе, которая оказывает наибольшее воздействие на окружающую среду, относящееся к каждой категории воздействия, в то время как остальные варианты оцениваются количественно пропорционально.

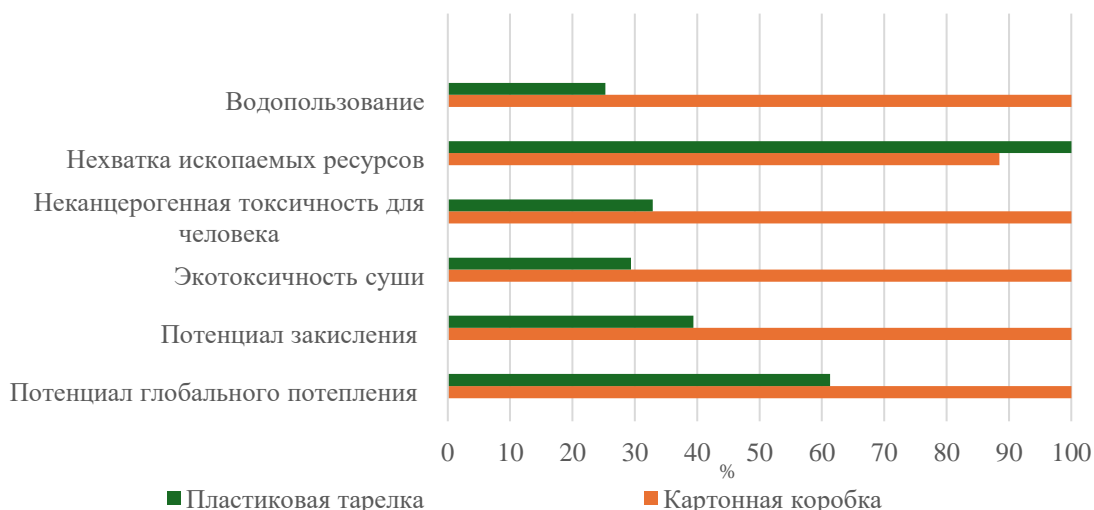


Рис. 1. Сравнительная диаграмма воздействий одноразовой посуды для подачи бургеров

Потребление воды при производстве коробки гораздо выше за счет ее активного использования при производстве картона. Многостадийный технологический процесс, когда сначала сырье смешивают с водой, очищают, затем обезвоживают, прессуют и сушат, связан со значительным потреблением энергии, полученной на основе сжигания ископаемого топлива, поэтому потенциал глобального потепления выше у картонных коробок.

В случае изготовления картонных коробок значительное влияние на окружающую среду можно отследить по категориям воздействия: потенциал закисления, экотоксичность суши и неканцерогенная токсичность для человека. Это связано с тем, что в процессе производства

используется целлюлоза. Закисление воздуха, вызванное соединениями, выделяющимися при производстве целлюлозы, может косвенно способствовать изменению pH почвы.

Потенциал истощения ископаемых ресурсов гораздо выше при производстве пластиковых тарелок, так как в технологическом процессе используется гранулированный полипропилен, который в свою очередь изготавливается из нефтяной смолы.

В исследовании было рассмотрено три сценария развития после окончания срока службы изделий: размещение 100% отходов на полигоне; сжигание (обезвреживание); базовый сценарий обращения с отходами, в котором учитывалось захоронение отходов и доля утилизации. Сравнение воздействий при реализации трех сценариев обращения с отходами пластиковой тарелки и отходами картонной коробки указаны на рисунке 2.

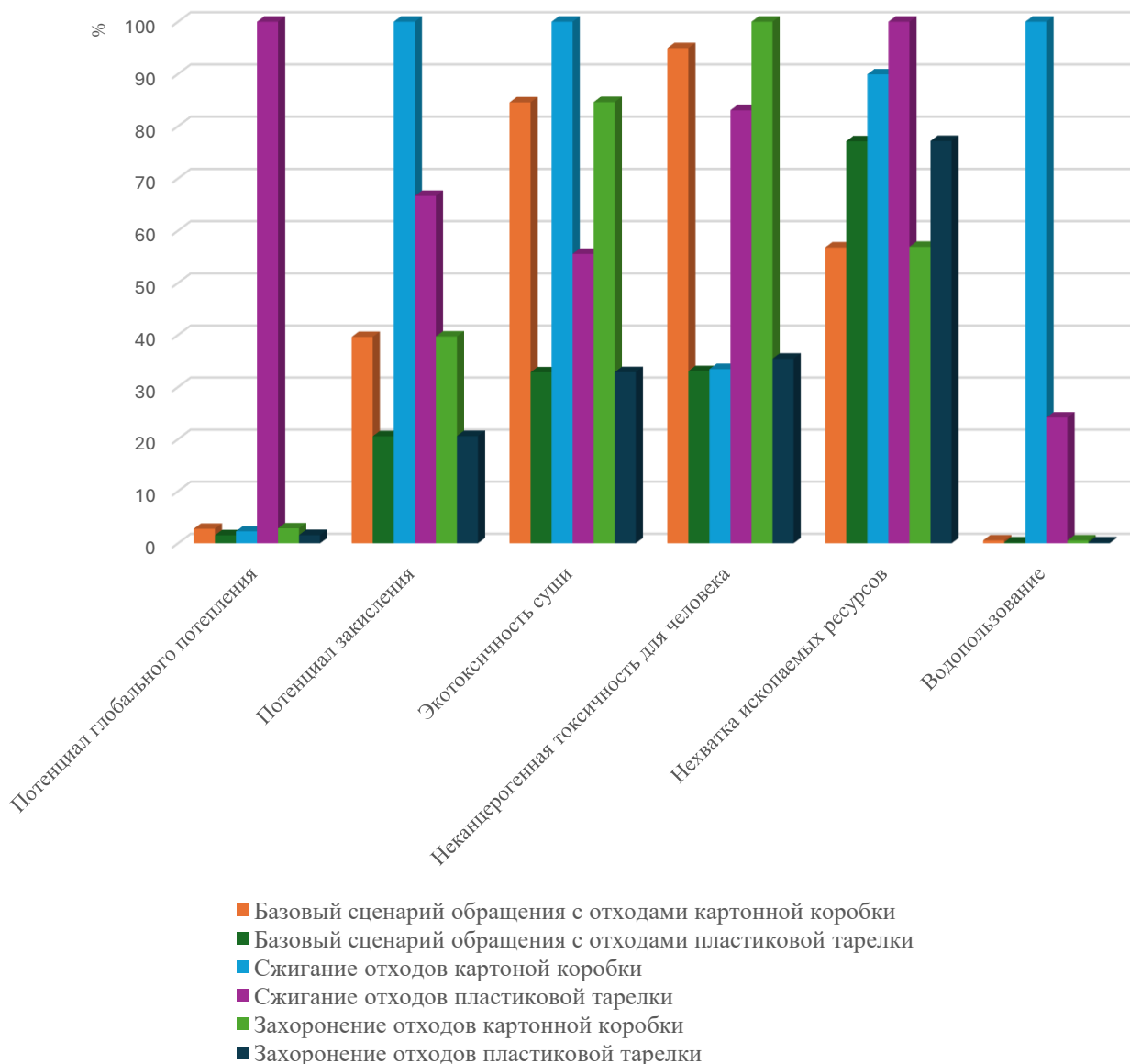


Рис. 2. Сравнительная диаграмма воздействий в конце жизненного цикла одноразовой посуды для подачи бургера

При сравнении базового сценария и сценария с полным размещением отходов картонных отходов по потенциалу глобального потепления и неканцерогенной токсичности для человека можно сделать вывод, что даже небольшая доля утилизации отходов вносит существенный вклад в уменьшение данных показателей. По остальным показателям разница в воздействиях составляет менее 2%.

При сжигании отходов коробки воздействия ниже по двум категориям: потенциал глобального потепления и неканцерогенной токсичности на человека. В остальных случаях воздействия максимальны.

Количественные различия в большинстве воздействий при реализации базового сценария и захоронении пластиковых отходов незначительны и составляют менее 2%. А воздействия при сжигании пластиковой тарелки максимальны по всем категориям.

Сравнительная характеристика влияния картонного и пластикового стаканов по категориям воздействия представлена на рисунке 3.



Рис. 3. Сравнительная диаграмма воздействий одноразовой посуды для подачи напитков

Ситуация с воздействиями при производстве стаканов идентична с посудой для подачи бургеров, однако существует различие по категории воздействия нехватка ископаемых ресурсов. За счет использования полиэтилена при производстве бумажных стаканов и в этой категории максимальное воздействие на стороне бумажного изделия.

Сравнение воздействий при реализации сценариев обращения с отходами стаканов, с учетом их транспортирования указаны на рисунке 4.

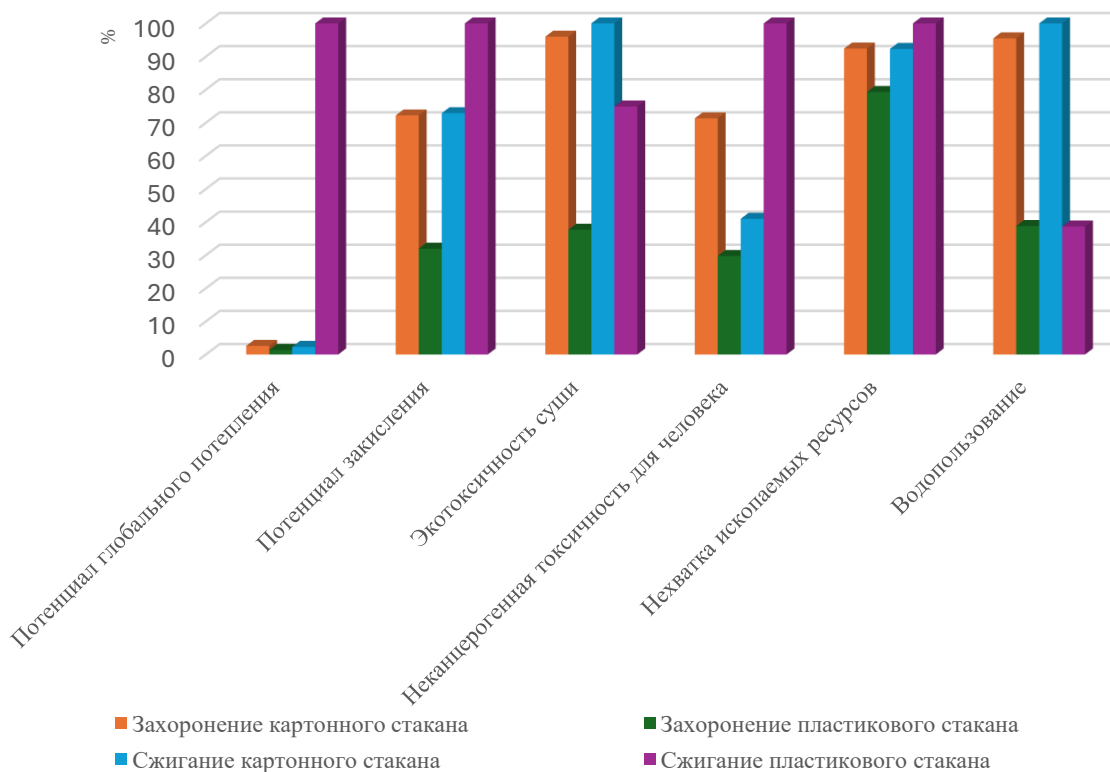


Рис. 4. Сравнительная диаграмма воздействий стаканов в конце жизненного цикла

По полученным данным видно, что захоронение отходов стаканов имеет наименьшее воздействие. Однако, система не учитывает загрязнение природной среды микропластиком, нерациональное использование земель под полигоны и в целом такая схема обращения с отходами противоречит глобальным целям в области перехода к экономике замкнутого цикла.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

Оценка показала, что на показатели по всем шести категориям воздействия влияет множество факторов: свойства изделия, материал изготовления, способ изготовления, способ переработки отходов, выбор места размещения отходов и используемые данные.

Информация о воздействиях от использования одноразовой посуды может помочь в принятии решений на стадии, как выбора материала, из которого будет изготавливаться посуда, так и выбора метода обращения с отходами. В дальнейшем планируется разработать оптимальную схему использования посуды ресторанами быстрого питания, которая будет способствовать предотвращению воздействия на окружающую среду.

Список использованных источников

1. ГОСТ Р ИСО 14040-2022 Экологический менеджмент. Оценка жизненного цикла. Принципы и структура. – М.: Стандартинформ, 2022. – 16 с.
2. Circul economy foundation «Circularity Gap Report 2023». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.circularity-gap.world/2023> (дата обращения: 11.03.2024).

Выпускник

Гареев Николай Эдуардович

факультет систем управления и робототехники

e-mail: 265191@edu.itmo.ru

Научный руководитель

Помпеев Кирилл Павлович

к.т.н., доцент факультета систем управления и робототехники

e-mail: kir-pom@mail.ru

УДК 62-213:681.7-1/-9:691.175:004.94:303.448

**ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
РАБОТОСПОСОБНОГО СОСТОЯНИЯ ЛАЗЕРНОЙ ГОЛОВКИ
С ПЛАСТИКОВЫМ КОРПУСОМ**

Ключевые слова

Маркировочная головка, методика, работоспособность, полимерный корпус, 3D-принтер, ЧПУ.

Цели и задачи

В работе рассматривается вопрос создания методики проверки работоспособности лазерных головок с модифицированными полимерными корпусами, изготовленными на 3D-принтере, с целью подтверждения их функциональности. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи: изучение устройства системы прецизионного лазерного маркирования «МиниМаркер 2», разработка тестовых шаблонов маркировки, разработка программы обработки изображений и оценки точности маркировки, создание методики тестирования работоспособного состояния ЛГ с пластиковым корпусом, апробация разработанной методики.

Основная часть (методология, результаты)

В основу проверки работоспособного состояния лазерной головки с полимерным корпусом положен метод сравнения результата маркировки, с его идеальным маркировочным шаблоном, по которому он был получен. Маркировочный шаблон, представленный на рисунке 1, был создан заранее для выявления отклонений, вызванных деградацией пластика. Он состоит из нескольких элементов, целью которых является проверка работы лазерной системы в различных режимах. Другим шаблоном, который используется для сравнения,

является поле из точек, представленное на рисунке 2. Это поле состоит из 19 строк и 19 рядов точек. Вместо двух верхних точек в углах поля расположены ArUco маркеры.

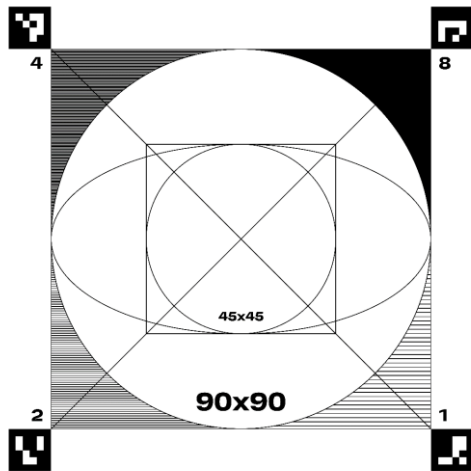


Рис. 1. Векторный шаблон тестовой маркировки

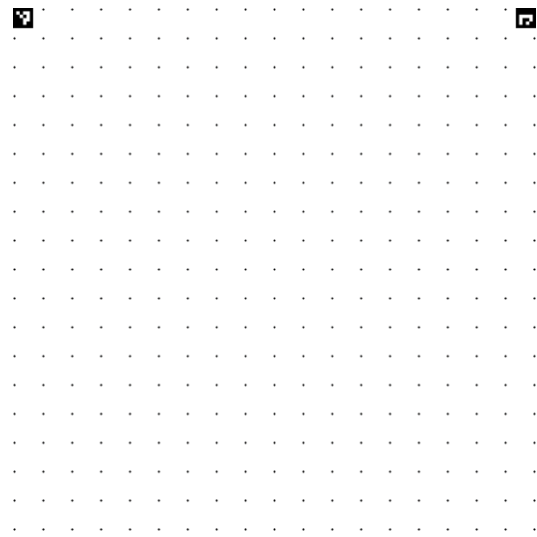


Рис. 2. Точечный шаблон тестовой маркировки

Для оценки результатов маркировки, характеризующих работоспособное состояние лазерной головки с полимерным корпусом, была разработана программа «МаркерСкан», которая написана на языке программирования Python и предназначена для нахождения разницы между двумя изображениями [9]. Работа программы тесно связана с использованием различных библиотек, каждая из которых выполняет свою уникальную функцию. Для обработки изображений применяются библиотеки OpenCV и Pillow, предоставляющие широкий спектр возможностей для работы с графикой [10–12]. NumPy и Math используются для выполнения математических вычислений, что особенно важно для научных и инженерных приложений [12]. Наконец, PyQt6 служит основой для создания графического интерфейса пользователя, обеспечивая удобство его взаимодействия с программой [9]. На рисунке 3 представлена блок-схема программы.

Предлагаемая методика состоит из следующих 7 этапов: открыть программу управления лазерной системой ПО MaxiGraf, найти фокусное расстояние объектива, открыть файл с маркировочным шаблоном, нанести тестовую маркировку на черную маркировочную бумагу, отсканировать полученную маркировку и сохранить файл в отдельную папку полученных сканов, выполнить сравнение скана полученной маркировки с ее эталонным образцом и зафиксировать результаты измерений, сохранив их отдельным файлом в папке, содержащей результаты сравнения в конкретную дату и промежуток времени.

Разработанная методика была апробирована. Исследование производилось в период с октября 2023 года по май 2024 года. За это время было получено 6 маркировок обоих шаблонов, итого 12 образцов. Полученные образцы маркировок были отсканированы в разрешении 1200 ppi. Для оценки точности и работоспособного состояния ЛГ был проведен сравнительный анализ результатов обработки 12 сканов тестовых шаблонов. Для векторных и точечных шаблонов были рассчитаны максимальные разницы между отклонениями, считанными в одних и тех же участках на всех образцах. В случае с векторным шаблоном максимальная разница составляет: 0,166 мм; в случае с точечным шаблоном: 0,239 мм. Погрешность измерений складывается из погрешности сканера и погрешности обнаружения фигур и равна 0,242 мм.

Таким образом, максимальные отклонения между измерениями не превышают погрешности измерения, а следовательно, за восемь месяцев корпус не потерял своих характеристик, и система не перешла в неработоспособное состояние.

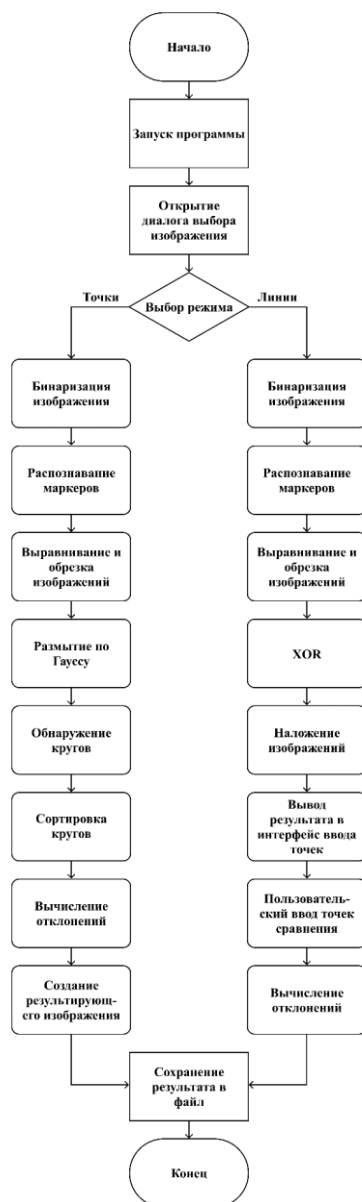


Рис. 3. Блок-схема программы «МаркерСкан»

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В ходе проведенных работ был создан маркировочный шаблон, создана программа обработки изображений для обнаружения отклонений действительного результата лазерной маркировки от маркировочного шаблона, а также разработана методика определения работоспособности лазерной головки с пластиковым корпусом. Разработанная методика позволяет оценить качество и долговечность корпуса, а также выявить проблемы на ранних стадиях его внедрения. Это, в свою очередь, способствует повышению надежности функционирования маркировочной лазерной установки с ЧПУ. Также была проведена проверка функциональности разработанного маркировочного шаблона и сбор статистической информации для анализа возможных отклонений в работе ЛГ, вызванных деградацией пластика. По результатам анализа был сделан вывод, что за период исследований ЛГ с полимерным корпусом не потеряла своих характеристик.

В дальнейшей работе планируется сделать результаты программной обработки сканов более информативными, добавив отклонения по горизонтали и вертикали для каждой точки точечного шаблона.

Список использованных источников

1. Петкова А.П., Ганзуленко О.Ю. Технологические аспекты маркировки изделий машиностроения прецизионным импульсным лазером // Современное машиностроение. Наука и образование. – 2014. – №. 4.– С. 1177–1187.
2. Haron M.N.F.B., Romlay F.R.B.M. Parametric study of laser engraving process of AISI 304 Stainless Steel by utilizing fiber laser system // IOP Conference Series 2019: Materials Science and Engineering. – Vol. 469(1). – P. 012124.
3. Andreev A.O., Kosenko M.S., Petrovskiy V.N., Mironov V.D. Prototyping of Dental Structures Using Laser Milling // Prototyping of Dental Structures Using Laser Milling. – Vol. 691(1). – P. 012007.
4. Vasilev O.S., Veiko V.P., Gorny S.G., Ruzankina J.S. Laser device for microstructuring a metal surface using a fiber laser // Optical journal. – 2015. – Vol. 82. – №. 12. – Pp. 70–77.
5. Васильев О.С., Горный С.Г. Технология создания поверхностных микроструктур на листовых материалах с использованием волоконного лазера // Металлообработка. – 2016. – Т. 93. – №. 3. – С. 20–25.
6. Przystacki D., Jankowiak M. Surface roughness analysis after laser assisted machining of hard to cut materials. // Journal of Physics 2014: Conference Series. – Vol. 483(1). – P. 012019.
7. Nasedkin Y.V., Khmel'nitsky A.K. Laser cutting of carbon fiber-reinforced plastic thin sheets // Journal of Physics 2018: Conference Series. Vol. 1109(1) 012041.
8. Пьяе П.А., Помпеев К.П., Николаев А.Д., Васильев О.С., Горный С.Г. Модернизация конструкции корпуса лазерной головки с учетом возможностей аддитивного оборудования // Изв. вузов. Приборостроение. – 2022. – Т. 65. – №. 1. – С. 49–57.
9. Прохоренок Н.А., Дронов В.А. Python 3 и PyQt 6. Разработка приложений. СПб: БХВ-Петербург, 2023. – 832 с.
10. Молодяков С.А. Применение функций OpenCV в компьютерном зрении (60 примеров на Python). СПб: Изд-во Политехн. ун-та, 2022. – 296 с.
11. Howse J., Minichino J. Learning OpenCV 4 Computer Vision with Python 3. 3rd ed. Birmingham: Packt Publishing Ltd., 2020. – 372 p.
12. Tesfaye F.G., Galety M.G., Garamu T.I. Empowering Scientific Computing and Data Manipulation With Numerical Python (NumPy) // Advanced Applications of Python Data Structures and Algorithms, 2023. – Pp. 147–161.

Выпускник

Гармаев Аюр Тумэнович

институт «Высшая инженерно-техническая школа»

e-mail: a_garmayev@list.ru

Научный руководитель

Дейнека Иван Геннадьевич

к.т.н., доцент института «Высшая инженерно-техническая школа»

e-mail: igdeyneka@itmo.ru

УДК 62–791.2, 004.942

**РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ АЛГОРИТМА ОБРАБОТКИ СИГНАЛА
ИНКРЕМЕНТНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ
ОТКРЫТОГО ТИПА И ЕГО ИМПЛЕМЕНТАЦИЯ НА
ПРОГРАММИРУЕМОЙ ЛОГИКЕ**

Ключевые слова

Инкрементный оптический энкодер, линейный преобразователь перемещений, алгоритм обработки сигналов, высокоточные измерения, оптические измерения, компьютерное моделирование.

Цели и задачи

Современные промышленные предприятия требуют высокой точности и повторяемости технологических операций, которые обеспечивают приборы, измеряющих положение объекта, называемые преобразователями перемещений или энкодерами. На сегодняшний день в России множество отраслей промышленности нуждаются в широкой номенклатуре энкодеров, в том числе в оптических. Целью работы является разработка оптического инкрементного энкодера открытого типа субмикронной точности на базе ПЛИС. Задачи работы: разработка алгоритма вычисления перемещения, моделирование работы алгоритма энкодера, исследование погрешности алгоритма вычисления перемещения.

Основная часть (методология, результаты)

На данный момент лидерами в точности измерения положения являются лазерные интерферометры. Они способны измерить положение с точностью до 0,5 мкм, обладают разрешением в 1 нм и имеют самый широкий диапазон измерений [1]. Однако лазерные интерферометры обладают рядом недостатков, в числе которых: высокая стоимость, высокая чувствительность к окружающей среде. Более компромиссным и универсальным решением являются оптические энкодеры – приборы, использующие для измерения специальную шкалу

с метками, которые считываются с помощью оптической схемы. Принципиальная схема оптического энкодера представлена на рисунке 1.

В качестве фотоприемника была использована камера с матричным фотоприемником OV5640 с частотой опроса 50 кадров/с. Для цифровой обработки использовалась ПЛИС компании Xilinx Artix-7. Источник излучения – светодиод DFL-5013UWC-25. В качестве кодирующей структуры использовалась инкрементная энкодерная лента с периодом 40 мкм.

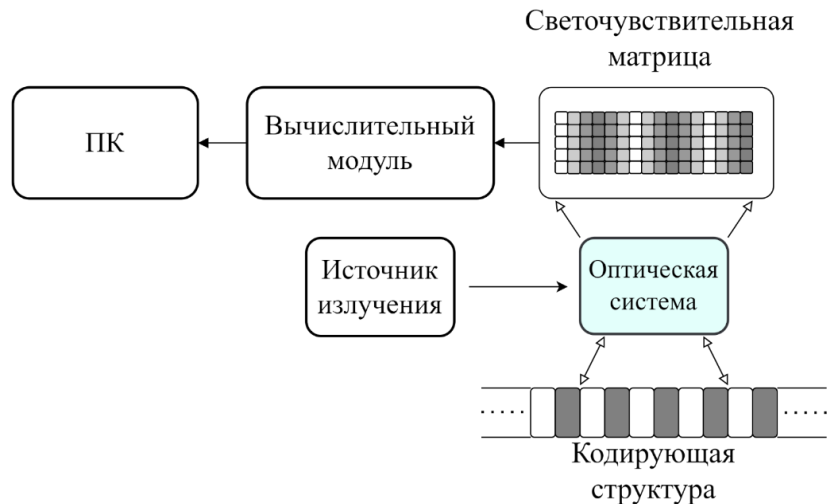


Рис. 1. Принципиальная схема оптического энкодера

Был разработан алгоритм вычисления перемещения на основе поиска энергетических центров штрихов, нанесенных на энкодерную ленту. Инкрементная энкодерная лента представляет собой периодическую последовательность штрихов, обладающую отражающими или пропускающими свойствами для формирования изображения. Координаты энергетических центров вычисляются согласно формуле:

$$x' = \frac{\sum_{i=1}^n x_i \cdot y_i}{\sum_{i=1}^n y_i}.$$

Суть алгоритма заключается в регулярном опросе фотоприемного устройства и вычислении с помощью текущих и предыдущих координат энергетических центров перемещения оптического энкодера. На данный алгоритм вычисления был оформлен патент [2].

Было проведено компьютерное моделирование с синтезированными изображениями энкодерной ленты для оценки погрешности вычисления перемещения, которое показало недостатки данной версии алгоритма, которые заключались в накоплении погрешности при добавлении шума в изображения. Был получен график периодической составляющей погрешности вычисления алгоритма на основе идеальных синтезированных данных при перемещении модели оптического энкодера на дистанцию в 400 мкм (рис. 2).

С помощью стенда для оценки погрешности было проведено исследование алгоритма вычисления перемещения в макете оптического энкодера. Эталонные измерения положения проводились с помощью лазерного интерферометра XD Laser XD6 LS с погрешностью вычисления в $\pm 0,5$ мкм/м. В ходе проведения работы макет оптического энкодера перемещался в прямом и обратном направлении со скоростями от 0,01 мм/с до 0,1 мм/с. Согласно полученным данным, был снят график погрешности определения положения (рис. 3).

В результате размах погрешности перемещения составил 4,72 мкм. Были определены следующие недостатки алгоритма вычисления: отсутствие счетчика пройденных штрихов, сложный блок выбора пар энергетических центров для вычисления разницы координат энергетических центров.

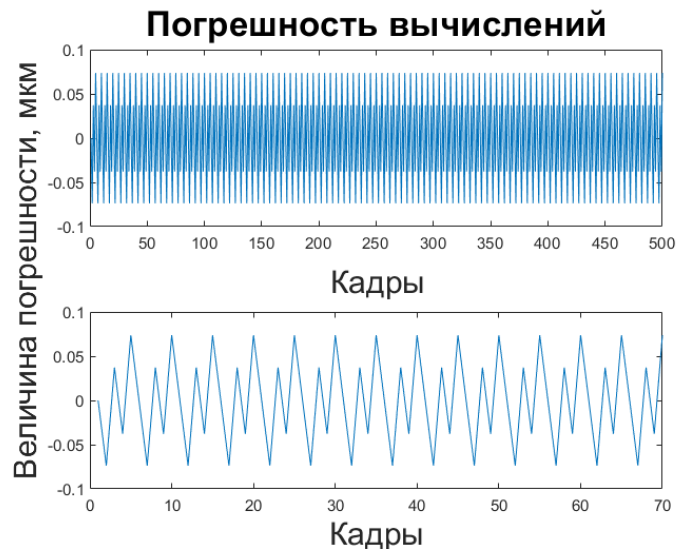


Рис. 2. Периодическая составляющая погрешности алгоритма



Рис. 3. Погрешность вычисления перемещения макета оптического энкодера

Была разработана новая версия алгоритма вычисления перемещения, отслеживающая энергетический центр в пределах ограниченного участка фотоприемника, равного по ширине одному периоду кодирующей структуры. Такой способ позволяет легко отслеживать перемещение энкодера на 1 период кодирующей структуры и добавить счетчик пройденных периодов. На данный момент новая версия алгоритма еще не имплементирована в макет.

Было проведено компьютерное моделирование нового алгоритма оптического энкодера на основе зашумленных синтезированных данных. С помощью компьютерной модели было исследовано влияние дисторсии на алгоритм вычисления перемещения. Результат для подушкообразной дисторсии третьего порядка с коэффициентом $F_3 = -10^{-9} \frac{1}{\text{пиксель}^2}$ представлен на рисунке 4. Для всех моделей центр матричного фотоприемника совпадает с осью оптической системы с дисторсией.

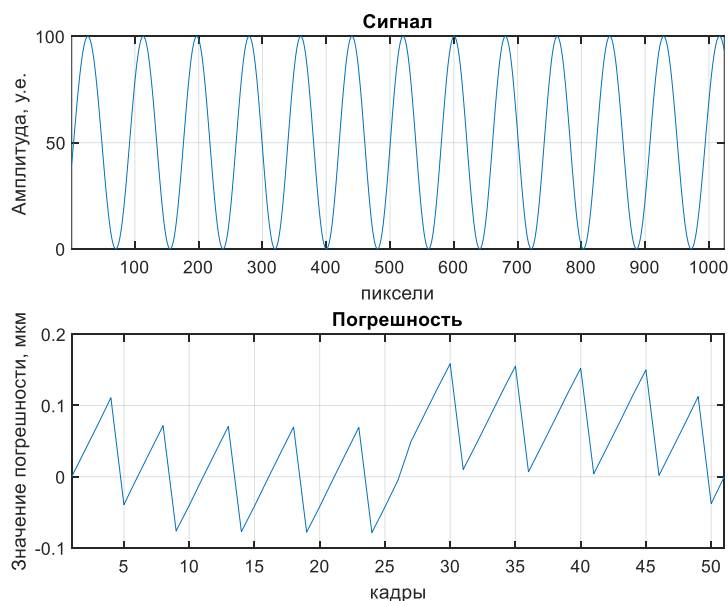


Рис. 4. Вид входного сигнала (сверху) и график погрешности вычисления перемещения новой версии алгоритма с воздействием подушкообразной дисторсии

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В результате был разработан макет оптического энкодера с алгоритмом вычисления перемещения на основе поиска энергетических центров, был оформлен патент на программу ЭВМ. Был собран макет оптического энкодера и сняты экспериментальные данные о погрешности вычисления перемещения. Размах погрешности составил 4,72 мкм для прямого и обратного перемещения на 10 мм. Было проведено компьютерное моделирование алгоритма вычисления перемещения на основе синтезированных данных, получены графики погрешности. Планируется продолжить работу над стендом оптического энкодера с улучшенной версией алгоритма вычисления перемещений.

Список использованных источников

1. Yu H., Chen X., Liu C., Cai G., Wang W. A survey on the grating based optical position encoder // Optics & Laser Technology. – 2021. – Vol. 143. – P. 107352.
2. Кузнецов В.Н., Иванов А.В., Гармаев А.Т., Васильев А.С., Дейнека И.Г. Программа для определения смещения центра штриха непостоянной периодической структуры субмикронной точности // Патент на программу ЭВМ №2024616604 от 21.03.2024.

Выпускник

Геллерт Михаил Евгеньевич

научно-образовательный центр фотоники и оптоинформатики

e-mail: mihailgellert@yandex.ru

Научный руководитель

Наседкин Борис Александрович

к.ф.-м.н., научный сотрудник лаборатории квантовых процессов и измерений, ведущий инженер национального центра квантового интернета

e-mail: b.nasedkin@bk.ru

УДК 535.145

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ РЕАЛИЗАЦИИ АТАКИ
С ВРЕМЕННЫМ СДВИГОМ ЗОНДИРУЮЩИХ ИМПУЛЬСОВ
НА СИСТЕМУ КВАНТОВОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КЛЮЧЕЙ
НА БОКОВЫХ ЧАСТОТАХ**

Работа выполнена в рамках темы НИР №621317 «Атака с временным сдвигом на систему квантового распределения ключей на боковых частотах».

Ключевые слова

Квантовое распределение ключей, квантовое распределение ключей на боковых частотах, атаки на системы квантового распределения ключей, детектор одиночных фотонов.

Цели и задачи

Практические реализации систем квантового распределения ключей имеют несовершенства, которыми может воспользоваться злоумышленник для кражи информации о секретном ключе. В работе исследуются лазейки системы квантового распределения ключей на боковых частотах, связанные с использованием режима стробирования в однофотонных детекторах. В работе показана возможность подслушивающего устройства контролировать данные, получаемые приемником. Полученные результаты могут помочь в выявлении подобных атак и разработке стратегии защиты для систем квантового распределения ключей.

Основная часть (методология, результаты)

В настоящее время проблема обеспечения безопасности передачи информации приобретает особую важность и значимость. Данный факт связан с практически полным переходом к цифровым технологиям во всех сферах. Широко распространенные современные методы шифрования, основанные на математических задачах, сложны для решения на

современных вычислительных устройствах. Таким образом, можно говорить, что защищенность таких методов шифрования обеспечивается ограниченностью вычислительных мощностей злоумышленника. Это касается как симметричного шифрования, так и асимметричного шифрования. Основной задачей в области шифрования является необходимость распределения ключей: получение и у отправителя, и у получателя одинаковой битовой последовательности. Данная битовая последовательность называется ключом и используется для шифрования передаваемой в дальнейшем информации. Для решения данной проблемы существует два популярных варианта: шифрование самих ключей или передача ключей через курьеров. Однако ни один из этих вариантов распределения ключей не может считаться полностью удовлетворяющим будущим требованиям обеспечения конфиденциальности, несмотря на тот факт, что они имеют широкое применение. Одним из способов решения данной проблемы является использование систем квантового распределения ключей (КРК). Безопасность данной технологии основывается на законах квантовой физики. Несмотря на тот факт, что ряд систем КРК с теоретической точки зрения являются безопасными [1, 2], практические реализации данных систем имеют уязвимости, которыми может воспользоваться злоумышленник с целью кражи информации [3–5]. Одной из таких уязвимостей является чувствительность детектора одиночных фотонов (ДОФ) к времени попадания импульсов на детектор. Это связано с тем, что системы КРК работают в импульсном режиме, где ожидаемое время прибытия фотонов синхронизируется с окнами чувствительности детектора, работающего в режиме стробирования. Также детектор чувствителен к количеству фотонов в импульсе. Поэтому в данной работе была разработана и исследована атака на систему квантового распределения ключей на боковых частотах (КРК БЧ).

Предлагаемая атака представляет собой атаку с перехватом и повторной отправкой сигнала. Злоумышленник подготавливает и отправляет получателю излучение с определенным временным сдвигом и количеством фотонов на боковых частотах так, что в случае конструктивной интерференции провоцировать срабатывания ДОФ получателя. Для этого злоумышленником подбирается такая точка в окне чувствительности ДОФ и такое количество фотонов на боковых частотах мультифотонного импульса, что вероятность срабатывания детектора для случая конструктивной интерференции стремится к 100% в случае же деструктивной интерференции и промежуточных случаев интерференции вероятность была близкой к 0%.

Для поиска оптимального значения временного сдвига и количества фотонов в данной работе также была измерена поверхность иллюстрирующая зависимость вероятности детектирования от данных величин. На рисунке 1 представлены результаты проведенных измерений.

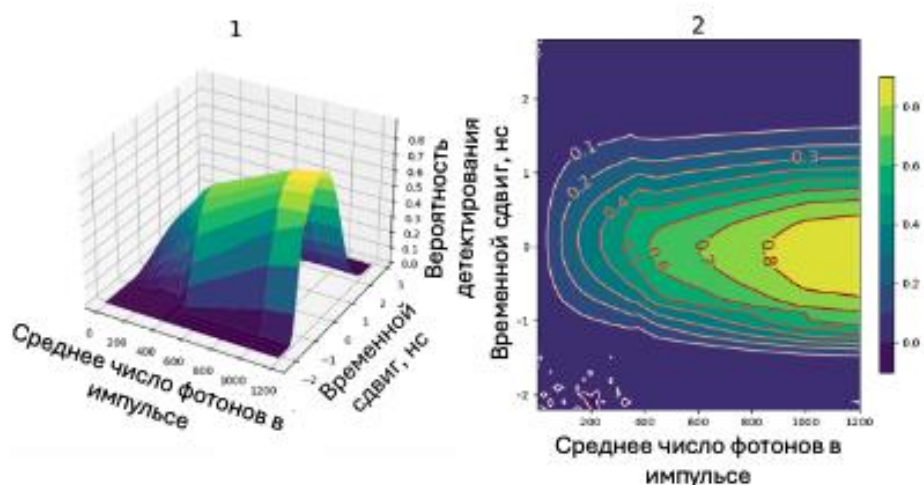


Рис. 1. Зависимость вероятности обнаружения от среднего числа фотонов в импульсе и временного сдвига. 1) трехмерное представление, 2) контурный граф

Для подтверждения возможности реализации атаки с использованием временного сдвига на систему КРК БЧ в данной работе было проведено моделирование. Целью данного моделирования было проиллюстрировать значительную разницу (рис. 2) в вероятностях детектирования в случаях конструктивной и деструктивной интерференции, что может говорить о возможности применения атаки с использованием временного сдвига на систему КРК БЧ. Полученная вероятность детектирования в случае конструктивной интерференции составила 50%, а в случае деструктивной 20%, что дает возможность для проведения предлагаемой атаки (рис. 2).

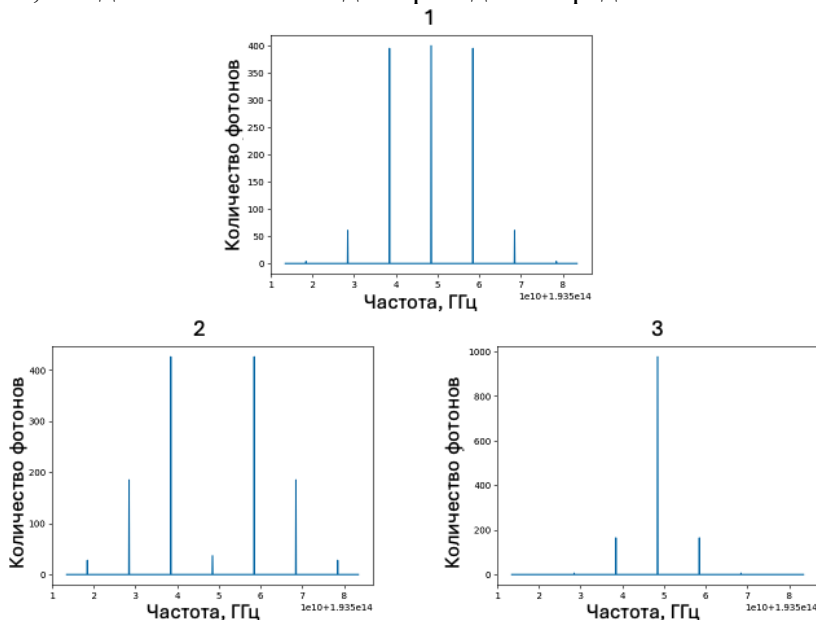


Рис. 2. Результаты моделирования: 1) спектр излучения, посылаемого подслушивающим устройством, 2) спектр излучения на стороне Боба в случае конструктивной интерференции, 3) спектр излучения на стороне Боба в случае деструктивной интерференции

Также в работе были рассмотрены возможные меры защиты системы КРК от атаки с временным сдвигом. Одним из возможных мер противодействия атаки, предлагаемой в данной работе, может быть мониторинг фототока лавинного фотодиода. При использовании мультифотонных фототок будет больше, чем в случае одиночных фотонов. Поэтому данный способ может позволить обнаружить подслушивается использующего импульсы с большим количеством фотонов.

Еще одним возможных способов защиты системы КРК БЧ является использование нескольких детекторов одиночных фотонов. Причем окна чувствительности детекторов одиночных фотонов должны быть сдвинуты друг относительно друга так, как показано на рисунке 3.

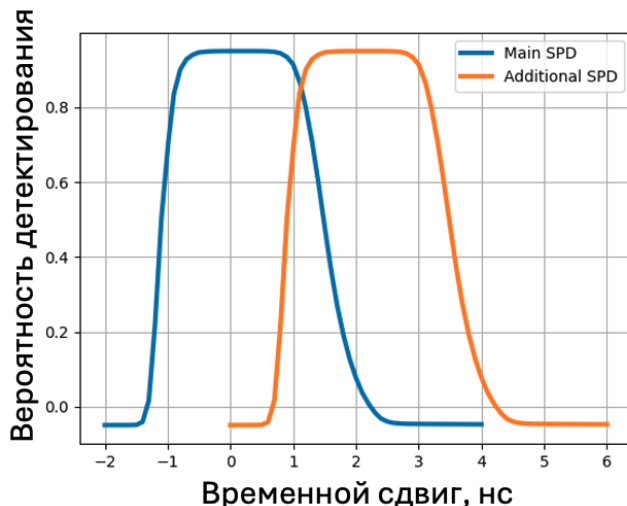


Рис. 3. Окна чувствительности детектор

Рассмотрим 2 случая в первом злоумышленник отсутствует, во втором злоумышленник проводит атаку с временным сдвигом.

1. В данном случае вероятность срабатывания основного детектора максимальна, в то время как вероятность срабатывания мониторингового ДОФ мала. Таким образом, оптические импульсы будут вызывать срабатывания только на основном детекторе.
2. В данном случае вероятность срабатывания основного детектора становится близкой к вероятности срабатывания дополнительного ДОФ. Данный факт приведет к ситуации, при которой оптические импульсы будут вызывать срабатывания на обоих детекторах, что позволит обнаружить злоумышленника.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В рамках работы была предложена и разработана атака с временным сдвигом на систему квантового распределения ключей на боковых частотах. Полученные результаты показали возможность управления детектором одиночных фотонов получателя за счет изменения как временного сдвига, так и количества фотонов в импульсе. Также были выбраны оптимальные значения для проведения, предлагаемой в работе атаки. Используя выбранные значения, было проведено моделирование, показавшее возможность управление ДОФ получателя таким образом, чтобы в случае конструктивной интерференции происходило наиболее вероятное срабатывание, а в случае деструктивной интерференции вероятность срабатывания была минимальной. Таким образом, можно говорить о том, что в данной работе была показана возможность проведения атаки с временным сдвигом на систему квантового распределения ключей на боковых частотах.

Список использованных источников

1. Pirandola S., Andersen U.L., Banchi L. et al. Advances in quantum cryptography // *Advances in optics and photonics*. – 2020. – Vol. 12. – №. 4. – Pp. 1012–1236.
2. Gleim A., Egorov V., Nazarov Y.V. et al. Secure polarization-independent subcarrier quantum key distribution in optical fiber channel using BB84 protocol with a strong reference // *Optics express*. – 2016. – Vol. 24. – №. 3. – Pp. 2619–2633.
3. Vakhitov A., Makarov V., Hjelme D.R. Large pulse attack as a method of conventional optical eavesdropping in quantum cryptography // *Journal of modern optics*. – 2001. – Vol. 48. – №. 13. – Pp. 2023–2038.
4. Huang A., Li R., Egorov V. et al. Laser-damage attack against optical attenuators in quantum key distribution // *Physical Review Applied*. – 2020. – Vol. 13. – №. 3. – P. 034017.
5. Lydersen L., Wiechers C., Wittmann C. et al. Hacking commercial quantum cryptography systems by tailored bright illumination // *Nature photonics*. – 2010. – Vol. 4. – №. 10. – Pp. 686–689.

Выпускник

Гладских Антон Аркадьевич

центр "Информационные оптические технологии"

e-mail: gladskikh.aa@niuitmo.ru

Научный руководитель

Дададжанов Далер Рауфович

PhD, старший научный сотрудник центра "Информационные оптические технологии"

e-mail: daler.dadadzhanov@gmail.com

УДК 535-4, 535.012

**ЛАЗЕРНО-ИНДУЦИРОВАННАЯ МОДИФИКАЦИЯ ПЛАЗМОННЫХ
СВОЙСТВ ОДНО- И ДВУХЭЛЕМЕНТНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ
НАНОСТРУКТУР / LASER-DRIVEN PLASMONIC CHARACTERISTICS
IN MONO- AND BIMETALLIC NANOSTRUCTURES**

Работа выполнена в рамках темы НИР №621317 «Фундаментальные и прикладные вопросы фотоники».

Ключевые слова

Наночастицы серебра, метки против подделок, плазмонный резонанс, линейный дихроизм, изменение формы, выжигание спектральных провалов.

Цели и задачи

Цель исследования: Разработка лазерных подходов к модификации плазмонных свойств моно- и биметаллических наночастиц из серебра и сплава золота с железом (FeAu). Задачи:

- определить метод и параметры синтеза моно- и биметаллических наночастиц (НЧ);
- изучение влияния плотности энергии лазерного излучения на оптические свойства пленок серебра различной толщины;
- проведение морфологического анализа облученных лазером пленок серебра методом атомно-силовой микроскопии (АСМ);
- на основе предложенного эффекта лазерно-индуцированной анизотропии разработать применение полученных метаповерхностей в качестве меток против подделок и проверить их в системе поляризатор-анализатор и с одним поляризатором;
- проведение структурного и элементного анализа полученных НЧ методами просвечивающей и сканирующей электронной микроскопии (ПЭМ/СЭМ);
- изучение изменений в спектрах рассеяния света при лазерном отжиге биметаллического сплава FeAu;
- изучение *in situ* морфологических изменений биметаллических НЧ при лазерном отжиге с помощью ПЭМ.

Основная часть (методология, результаты)

Пленки изотропного серебра были синтезированы с использованием физического осаждения из паровой фазы (PVD) на стеклянные подложки с использованием определенных параметров осаждения и последующим отжигом для достижения желаемых размеров частиц. Затем пленки подвергали абляции неодимовым лазером с точным контролем параметров лазера и методов сканирования. Оптическая характеристика проводилась с использованием спектров оптической плотности и линейного дихроизма, а морфология и размер частиц серебра изучались с помощью атомно-силовой микроскопии.

Пленки FeAu были нанесены методом совместного распыления магнетроном постоянного тока с контролируруемыми настройками мощности для регулирования состава пленки с последующей лазерной абляцией для получения наночастиц. Эти наночастицы были подвергнуты тщательному ПЭМ-анализу для выявления структуры и элементов, а их оптические свойства были охарактеризованы с использованием измерений рассеяния в темном поле.

Оптическая анизотропия в массивах наночастиц Ag, индуцированная линейно поляризованным лазерным излучением

Исследование морфологии пленок толщиной 5 нм показывает нерегулярную плотноупакованную структуру. В такой структуре наблюдается широкий пик плазмонного резонанса, спектральная ширина которого определяется как наличием частиц различной формы, так и плазмон-плазмонными взаимодействиями [1]. При импульсном облучении, по мере увеличения энергии импульсов, частицы имеют тенденцию становиться более сферическими и увеличиваться в размерах из-за слияния частиц, что аналогично термическому отжигу островковых пленок серебра, связанному с нагревом НЧ [2].

На рисунке 1 представлены спектры оптической плотности и спектры линейного дихроизма при лазерном воздействии различной плотности импульса. При облучении пленки оптическая плотность (рис. 1, а) несколько уменьшается и появляется спектральный провал, смещенный в длинноволновую область по сравнению с длиной волны лазерного излучения. Также поляризованное лазерное излучение приводит к разному поглощению света, поляризованного вдоль и перпендикулярно направлению поляризации лазерного излучения. В исходно изотропной пленке (из-за хаотичности процессов самоорганизации при вакуумном напылении) появляется сигнал в спектре линейного дихроизма (рис. 1, б). С увеличением энергии импульса увеличивается и сигнал линейного дихроизма.

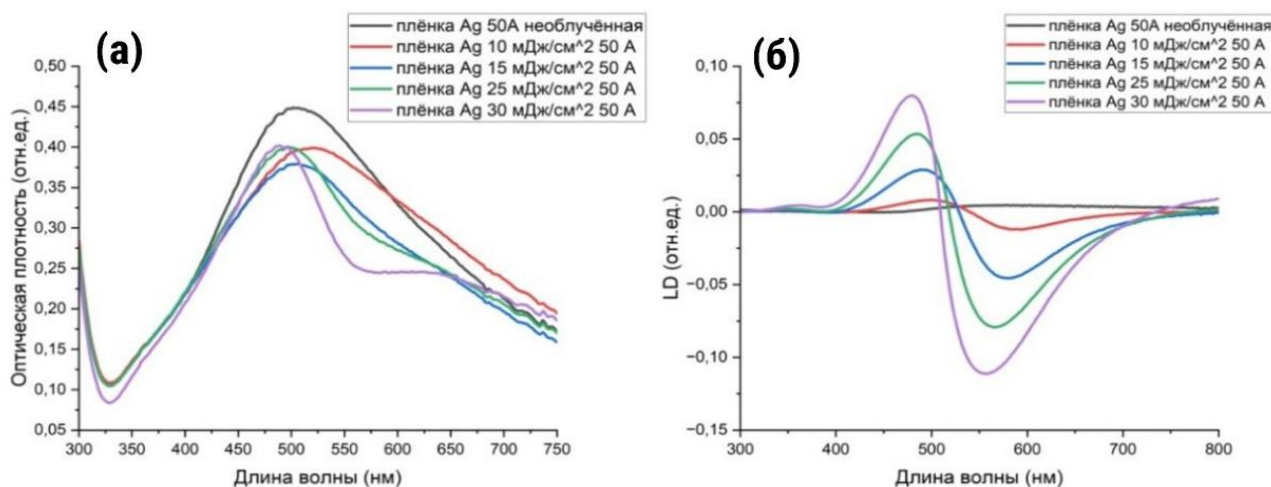


Рис. 1. Спектры (а) оптической плотности и (б) спектры линейного дихроизма тонких плёнок серебра толщиной 50 Å после лазерного облучения длиной волны 532 нм

В нашем случае селективный нагрев пары частиц поляризованным излучением приводит к их округлению с коротковолновым смещением плазмонного резонанса, что приводит к

различному поглощению поляризованного излучения в коротковолновой и длинноволновой областях спектра. В то же время возможны процессы слияния близко расположенных частиц при нагреве в одну большую, тогда исчезновение пары приведет к появлению линейного дихроизма, связанного с возбуждением плазмонного резонанса в парах, ориентированных ортогонально.

Разработка меток для защиты от подделок

Благодаря наблюдаемому сильному сигналу линейного дихроизма метаповерхностей модифицированных лазером, их компактности и возможности печати лазером универсальных форм и размеров структурных элементов, было предложено использование данных структур в качестве меток для защиты от подделок.

Принцип визуализации данной метки в поляризованном свете с помощью одного поляризатора продемонстрирован на рисунке 2. Если ориентация поляризации падающего на образец зондирующего луча совпадает с ориентацией поляризации лазера (картинка справа), то мы видим заметные изображения. Такое осветление можно объяснить исчезновением НЧ, резонансных с падающим светом, таким образом свет проходит через модифицированную область без поглощения. Когда же направление поляризации является перпендикулярным поляризации лазера, метка исчезает, так как свет поглощается.

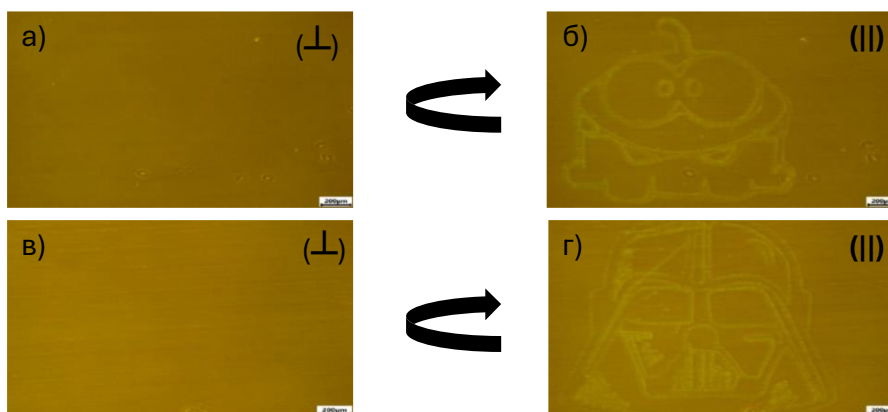


Рис. 2. Метки для защиты от подделки, напечатанные лазером на метаповерхностях Ag: а, в) область освещается поляризацией света, перпендикулярной (\perp) к поляризации лазера, б, г) область освещается поляризацией света, совмещенной (\parallel) с поляризацией лазера

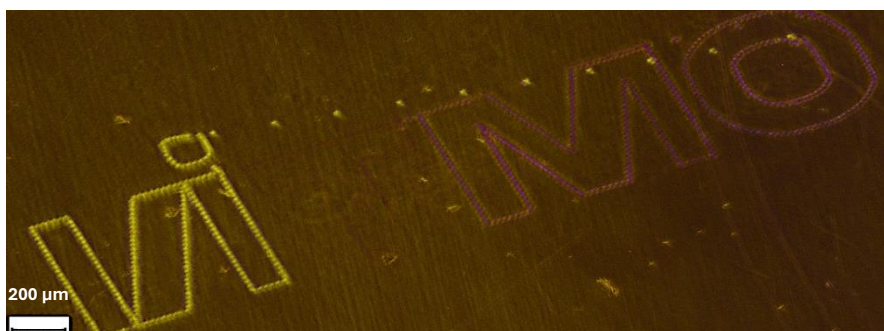


Рис. 3. Метка против подделок с поляризационным шифрованием в виде логотипа «ИТМО» в скрещенных поляризаторах с разной поляризацией для разных букв (длина логотипа 2 мм)

Для более надёжного контроля подлинности метки можно использовать систему поляризатор-анализатор в данном случае за счёт анизотропии структуры, поглощение света, поляризованного вдоль резонанса и поперек отличается, что также приводит к появлению изображения в разных цветах. Таким образом, могут быть получены метки, которые абсолютно невозможно подделать, даже имею данную технологию, потому что, используя разные поляризации лазерного излучения можно зашифровать текст или изображения, записывая отдельные элементы с собственными поляризациями света, что продемонстрировано на логотипе «ИТМО», изображённое на рисунке 3. На рисунке буква «И»

была записана с углом ориентации поляризации 0° , буква «Т» с поляризацией 20° , буква «М» с поляризацией 40° , а буква «О» с поляризацией 60° . Так как поглощение для разных поляризаций разная, то вращая образец, цвет элементов с разной поляризацией будет изменяться. А также ориентацию поляризации лазерного луча можно изменять абсолютно спонтанно, тем самым формируя уникальный и неповторимый окрас рисунка.

Контроль плазмонных свойств биметаллических НЧ AuFe, связанных с фазовым переходом активированным лазерным излучением

Разработана концепция управления рассеянием света в биметаллических НЧ FeAu посредством лазерно-индуцированного фазового превращения. Лазерная абляция в атмосфере азота и воздуха используется для получения одиночных НЧ со средним размером около 200 нм. При лазерном нагреве НЧ FeAu до 800°C происходит фазовое превращение из однородно метастабильного сплава в две сегрегированные энергетически выгодные наночастицы типа Януса (рис. 4), что приводит к изменениям рассеяния света (рис. 5) на НЧ.

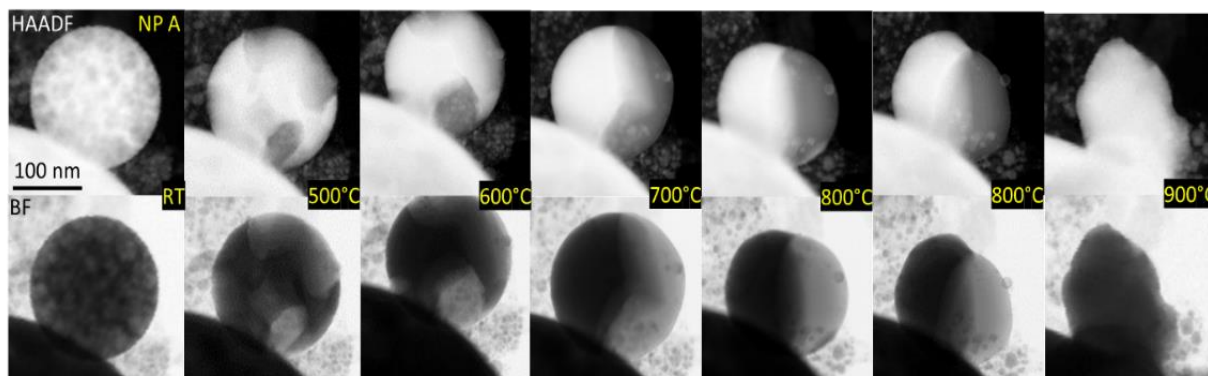


Рис. 4. ПЭМ-анализ in situ в режимах визуализации фазового превращения HAADF и BF при нагревании от комнатной температуры до 900°C

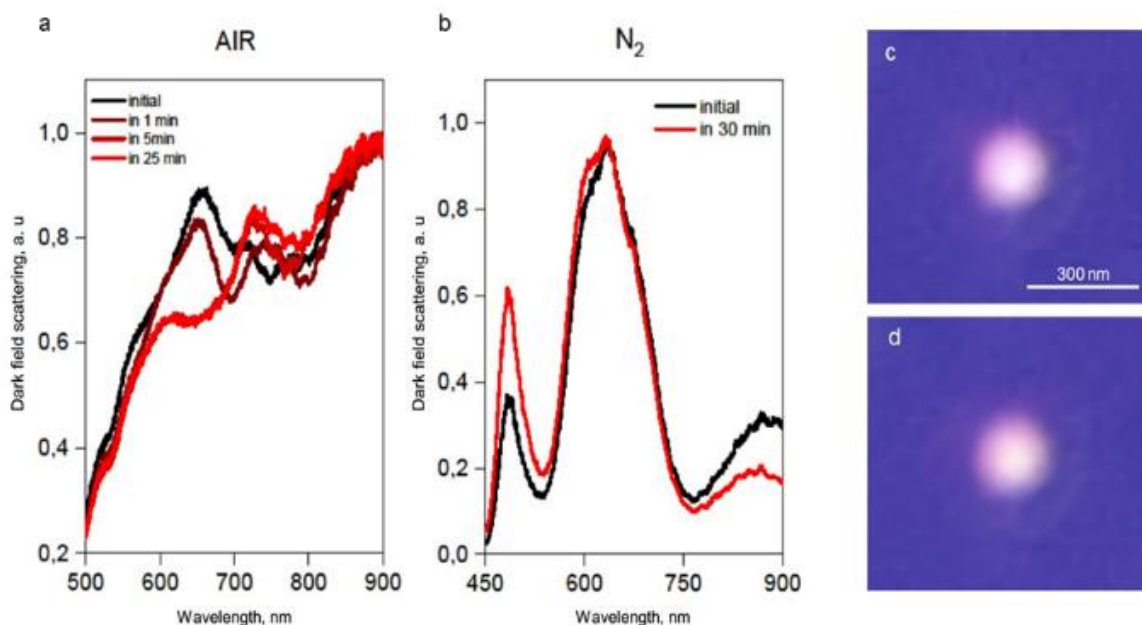


Рис. 5. Влияние лазерного нагрева на спектры рассеяния DF-света одиночных НЧ FeAu, полученных в атмосфере N_2 : а) Нагрев на воздухе; б) Нагрев в азоте; в, г) соответствующие оптические изображения наблюдаемых НЧ размером 200 нм

Выводы

1. Предложен новый метод создания анизотропных плазмонных метаповерхностей за счет резонансного взаимодействия линейно поляризованного лазерного света с изначально изотропными самоорганизованными гранулированными пленками серебра.

2. На основе методики предложена конструкция антиподдельных меток с двумя уровнями защиты.
3. Новая концепция управления оптическими свойствами НЧ посредством смешивания слабо смешивающихся элементов, таких как Fe и Au, поддерживающая фазовое превращение при точно заданной температуре.
4. Преобразование может быть термически активировано лазерным нагревом до 800°C, что приводит к соответствующим изменениям оптического рассеяния НЧ. Поэтому их можно использовать в качестве оптических триггеров, управляемых экстремальными температурами.

Список использованных источников

1. Jain P.K., Huang W., El-Sayed M.A. On the universal scaling behavior of the distance decay of plasmon coupling in metal nanoparticle 67 pairs: a plasmon ruler equation // Nano letters. – 2007. – Vol. 7. – №. 7. – Pp. 2080–2088.
2. Leonov N.B. et al. Evolution of the optical properties and morphology of thin metal films during growth and annealing // Optics and spectroscopy. – 2015. – Vol. 119. – Pp. 450–455.

Выпускник

Гомонюк Александр Павлович

факультет систем управления и робототехники

e-mail: demen1993@inbox.ru

Научный руководитель

Пирогов Александр Владимирович

к.т.н., доцент факультета систем управления и робототехники

e-mail: pirogov@itmo.ru

УДК 004.04

**ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА СПОСОБА ПРОИЗВОДСТВА
КОРОНЫ СТАТОРА ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Ключевые слова

Разработка, способ, 3D модель, исследования, изготовления.

Цели и задачи

Целью работы является исследовать процесс и разработать новый способ изготовления короны статора электропривода из полимерных материалов для перемещения задней части корпуса двигателя ПД-14 [1], которое позволяет перенаправить потоки воздуха, что в следствии ведёт к торможению воздушного судна. В ходе работы разработан новый способ изготовления, который позволит ускорить процесс изготовления в несколько раз, а также уменьшит количество брака. Для достижения поставленной цели необходимо реализовать следующие задачи: изучить теоретическую информацию об объекте исследования; исследовать преимущества компьютерного моделирования; исследовать существующие технические решения, созданные для статоров в сборе; разработать 3D модель литьевой формы; разработать способ изготовления короны статора литьем под давлением; разработать 3D модель короны при помощи компьютерной программы SolidWorks; подобрать материал для проведения инженерные расчеты литья под давлением; провести и проанализировать инженерный расчет литья под давлением в программе Moldex3D.

Основная часть (методология, результаты)

Корона статора служит для изоляции пакета статора от проволоки. В данной работе исследованы способы производства короны статора в компании «АО Диаконт». Первый способ токарное производства – включает в себя изготовление короны статора из цельного бруска материала «полимерный пластик» с помощью токарного станка. Главный недостаток

данного изготовления короны является, затрата времени и человека часов. Преимущество данного метода является универсальность и простота производства. Вторым способом изготовления при помощи 3D принтера. Время, затраченное на производство одного комплекта таким методом – 15 часов в сутки. По этой причине были исследованы способы литья под давлением и режимы литья. Подобрана литьевая машина и материал, из которого будет изготавливаться корона статора. Подготовлена конструкторская документация и разработана 3D модель литьевой формы. Преимущество разработанной литьевой формы является возможность закладки пакета статора в литьевую форму, для дальнейшего заполнения материала и образования корон статора. В программе Moldex3D проведены инженерные расчеты на проливаемость в литьевую форму выбранного материала и его химическое и техническое состояния в момент выдержки под давлением и остывания. После проведения инженерных расчетов и положительного результата с материалом «EVA_LupolenV 2520J» [2] наглядно видно, что время, затраченное на производства детали в несколько раз стало меньше.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В результате выполнения работы была исследована тема: изготовление короны статора при помощи литья под давлением. Проведя исследование вопроса создания электропривода из состава двигателя ПД-14. Столкнувшись с проблемой создания корон статора для статора в сборе. Была разработана 3D модель короны статора в программе SolidWorks. Разработан новый способ изготовления корон и вставок статора, способом литья под давлением, в котором пакет статора изолирован от намотки проволоки. Для этого разработана 3D модель литьевой формы, при помощи программы SolidWorks. А также в ходе исследования были корректно выбраны материал, литьевая машина и режим литья и позволяющий сократить время производства и снизить количество брака на стадии сборки детали [3]. Это можно понять по результатам инженерных расчетов. Модель проявила себя надлежащим образом, показав наилучшие результаты. В целом, исследование и разработка способа изготовления корон со вставками с помощью литья под давлением является актуальной и перспективной темой в области гражданской авиации.

Список использованных источников

1. Значение двигателя ПД-14 сопоставимо с созданием реактивного Ту-104. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://aviation21.ru/znachenie-dvigatelya-pd-14-sopostavimo-s-sozdaniemreaktivnogo-tu-104/> (дата обращения 25.03.2024).
2. Пирогов А.В. Применение систем компьютерного моделирования при производстве изделий из полимерных материалов // Учебнометодическое пособие. – 2022. – С. 26–28.
3. Ефимов В.В. Статистические методы в управлении качеством продукции. М.: КноРус, 2013. – 240 с.

Выпускник

Горнов Артем Максимович

факультет систем управления и робототехники

e-mail: gornov.artem@yandex.ru

Научный руководитель

Федоров Алексей Владимирович

д.т.н., профессор факультета систем управления и робототехники

e-mail: afedor62@yandex.ru

УДК 620.179.147

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ВИХРЕТОКОВОГО КОНТРОЛЯ ДЕФЕКТОВ
В КОНСТРУКЦИЯХ ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ**

Ключевые слова

Неразрушающий контроль, вихревые токи, методика, алюминиевый сплав, Международная космическая станция.

Цели и задачи

Цель исследования: разработка методики вихретокового контроля дефектов в конструкциях из алюминиевых сплавов, обеспечивающей обнаружение дефектов (трещин, зон пластической деформации) на открытых участках оболочек модулей МКС в условиях орбитального полета.

Задачи:

- 1) изучение объекта контроля – оболочек модулей МКС из алюминиевого сплава АМг6, а также исследование возможных причин возникновения и характер этих дефектов в них;
- 2) анализ существующих методов контроля алюминиевых изделий, применяемых в эксплуатации модулей РС МКС;
- 3) анализ возможностей вихретокового метода НК и определение возможных задач вихретокового НК, решаемых на борту МКС;
- 4) разработка требований к средствам вихретокового контроля для их эксплуатации на борту МКС;
- 5) проведение экспериментальных исследований применимости и чувствительности разработанных средств вихретокового контроля при решении актуальных задач вихретокового НК для условий орбитального полета;
- 6) разработка Методики вихретокового контроля на основе полученных исследований.

Основная часть (методология, результаты)

Отчетливо определившаяся в последние годы тенденция к увеличению сроков активного существования космических аппаратов до 15 лет, а для некоторых уникальных модификаций (например, космические станции) до 25 лет, обусловила необходимость решения ряда

сложных научно-технических задач, связанных с неразрушающим контролем (НК) дефектообразования в их герметичных оболочках [1]. Особую актуальность и практическую значимость данная проблемная ситуация приобрела после появления и обнаружения сквозных трещин в оболочке Российского сегмента (РС) «Звезда» Международной космической станции (МКС). Эти события подтвердили острую потребность наличия на борту МКС средств НК.

Проведенный анализ особенностей эксплуатации объекта контроля (ОК), а именно оболочек модулей МКС выявил основные трудности при проведении НК в условиях орбитального полета. Дальнейший анализ возможных дефектов и причин их возникновения в ОК позволил оценить применимость существующих методов НК в условиях орбитального полета для контроля технического состояния оболочек модулей МКС. Проведенный анализ показал, что необходимо использовать комплекс ультразвуковых и вихретоковых методов и средств НК для возможности наиболее оперативно и достоверно решать все задачи НК в условиях орбитального полета.

Далее были исследованы возможности вихретокового контроля (ВТК) для решения задач НК на МКС. Результаты экспериментальных исследований с помощью средств ВД-100 (компания «Алтек») и ВД-1 (компания «Константа») показали, что существующие средства ВТК в полной мере способны решать задачи НК оболочек модулей МКС, однако возникла необходимость создать комплект средств ВТК, которые будут не только сочетать в себе все возможности опробованных средств ВТК, но и соответствовать всем требованиям, предъявляемым на борту МКС к научной аппаратуре [2, 3]. Проведенные дополнительные исследования с использованием ВТД подтвердили его возможность решать задачи по обнаружению поверхностных дефектов и зон структурного изменения (пластическая деформация). Также, благодаря проведенным исследованиям была оценена чувствительность вихретокового дефектоскопа ВТД. Полученные результаты исследований внесены в Методику вихретокового контроля, как проверка работоспособности занесенных настроек в дефектоскоп.

Далее, на базе учреждения науки «Инженерно-конструкторский центр Сопровождения эксплуатации космической техники» (ИКЦ СЭКТ) был разработан комплект средств ВТК «ВТД», который полностью соответствует всем требованиям, предъявляемым к средствам НК на борту МКС. И использованием данного комплекта средств разработана Методика вихретокового контроля технического состояния оболочек модулей МКС. Определены основные положения и область применения Методики, а именно контроля технического состояния открытых участков оболочек модулей МКС. Сформированы окончательные задачи, решаемые в рамках проведения контроля согласно разработанной Методики:

- определение месторасположения трещины и оценка ее протяженности;
- построение продольного профиля трещины по глубине и оценка ее глубины;
- выявление зон пластической деформации в области трещины в оболочке модуля МКС.

Дальнейшая экспериментальная отработка на разработанных настроечных образцах подтвердила работоспособность разработанных настроек для решения задач НК в условиях орбитального полета.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В результате выполнения работы была разработана Методика вихретокового контроля дефектов в конструкциях из алюминиевых сплавов, а именно открытых областей оболочек модулей Международной космической станции из сплава АМгб. Выявлены основные трудности при проведении неразрушающего контроля в условиях орбитального полета. Дальнейший анализ возможных дефектов и причин их возникновения в ОК позволил оценить применимость существующих методов НК, что позволило определить вихретоковый метод

НК как один из применимых на борту МКС. Были определены актуальные задачи вихретокового контроля, включающие в себя:

- определение месторасположения трещины и оценка ее протяженности;
- построение продольного профиля трещины по глубине и оценка ее глубины;
- выявление зон пластической деформации в области трещины в оболочке модуля Международной космической станции.
- определены основные положения и область применения Методики. Описан порядок проведения контроля для решения каждой поставленной задачи. Дана интерпретация возможных полученных результатов в процессе контроля оболочек модулей МКС.

В целом, разработанная Методика может быть отправлена вместе с комплектом средств ВТК «ВТД» на борт МКС для комплексного решения задач НК в условиях орбитального полета.

Список использованных источников

1. Беляков И.Т., Борисов Ю.Д. Основы космической технологии. М., «Машиностроение», 1980, 184 с.
2. Положение о порядке создания научной аппаратуры для космических исследований (Положение НА-18), введено в действие совместным приказом Госкорпорации «Роскосмос» и Российской академии наук от 21 декабря 2020 г. №313/4.
3. SSP 60094 Российский сегмент МКС. Справочник пользователя. – М.: Ракетно-космическая корпорация «Энергия» имени С. П. Королева. – 197 с.

Выпускник

Грабарник Илья Павлович

химико-биологический кластер

e-mail: ilyawarh@yandex.ru

Научный руководитель

Комиссаров Алексей Сергеевич

к.б.н., доцент института компьютерных наук

e-mail: ad3002@gmail.com

УДК 579.67

МЕТАГЕНОМНЫЙ АНАЛИЗ МИКРОБНЫХ СООБЩЕСТВ НАЦИОНАЛЬНЫХ КИСЛОМОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ

Ключевые слова

Кисломолочные продукты, традиционное производство, кисломолочные бактерии, закваски, метагеномный анализ, полногеномное секвенирование.

Цели и задачи

Кисломолочные продукты животного происхождения (КМПЖП) высоко ценятся за широкое разнообразие вкусовых качеств и пользу для здоровья, обусловленную обилием культур полезных микробов. Исследование малоизученных продуктов может открыть новые перспективы для разработки уникальных заквасок на основе охарактеризованных стартовых культур. Однако традиционные методы микробиологии не могут полностью охарактеризовать эти сообщества, что ограничивает наше понимание и потенциальное применение. Целью работы является проведение систематического анализа структуры, биоразнообразия и функциональных возможностей микробных сообществ этнических кисломолочных продуктов, приготовленных традиционными методами. Для этого были использованы современные методы молекулярной биологии и биоинформатики, в частности метагеномный анализ микробных сообществ, реконструкция и сборка геномов для дальнейшего функционального анализа их биосинтетических возможностей.

Основная часть (методология, результаты)

Первый этап исследования был посвящен сравнительному анализу метагеномов микробных сообществ КМПЖП, выполненному с использованием ампликонного секвенирования региона V4 гена 16S рРНК [1]. Таксономическое профилирование 67 микробных популяций выявило более 300 вариантов секвенирования (ASV),

идентифицированных до уровня рода, подавляющее большинство которых принадлежало к четырем основным типам бактерий: Firmicutes и Proteobacteria (~97% сообщества), Bacteroidota и Actinobacteriota (~3%). Доминирующими родами, как и ожидалось, оказались наиболее известные молочнокислые бактерии, такие как Lactococcus, Streptococcus, Lactobacillus, Leuconostoc, Lactiplantibacillus и Lentilactobacillus, за которыми следовали менее ожидаемые Pseudomonas, Enterococcus, Acetobacter и Citrobacter [2]. Для анализа структуры микробиомов данные о составе сообществ были сопоставлены с использованием метода NMDS. Ординационный анализ выявил два чётких кластера, сформированных с доминанцией родов Streptococcus и Lactococcus, соответственно, а также ряда минорных фракций других бактерий, формирующих сообщество. Эти данные частично коррелируют с различиями в технологии производства, характерной для разных групп производителей.

На втором этапе работы были получены полные метагеномы 12 продуктов с использованием метода шотган секвенирования. В дополнение к уточнению данных таксономической идентификации до уровня видов это позволило получить представление о метаболических возможностях микробных сообществ КМПЖП. Реконструированные 99 метагеномно-ассемблированных геномов (MAG) были функционально аннотированы для поиска определенных метаболических и синтетических особенностей [3]. Среди кластеров биосинтеза вторичных метаболитов были найдены антимикробные агенты (бактерицины), обеспечивающие безопасную антибактериальную профилактику для сохранения пищи и целей кишечной терапии, а также возможности синтеза других биоактивных соединений, таких как эктоины, терпены и кластеры генов синтеза бета-лактонов. Был изучен арсенал углеводно-активных ферментов (CAZymes), включая гликозидгидролазы и гликозилтрансферазы, необходимые в процессах ферментации, метаболизме сахаров и синтезе экзополисахаридов. Для потенциальных пробиотических штаммов было проверено и учтено наличие генов антибиотикорезистентности.

На заключительном этапе исследования 34 чистые культуры штаммов были отобраны как потенциально полезные на основе предыдущего анализа метагеномов. Данные полученного полного геномного секвенирования были использованы для сборки полных геномов и их полной аннотации, чтобы повторить функциональный анализ метаболических возможностей, проведенный на предыдущем этапе, но с более высоким разрешением. На основе найденных положительных и негативных свойств было выделено 13 штаммов, предложенные к дальнейшей разработке как полезные для пищевого или медицинского производства. Полученные данные помогут оценить ценность выделенных штаммов в качестве пробиотиков, а также изучить потенциальные риски их использования в качестве компонентов уникальных заквасок.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

Для каждой выборки были получены данные о таксономическом разнообразии с точностью до рода и вида для нескольких выборок WMS; обнаружено как минимум два потенциально неизвестных вида; установлены сообществообразующие бактерии (Lactococcus, Lactobacillus, Streptococcus), минорные фракции (Leuconostoc, Lentilactobacillus) и устойчивые микробные ассоциации.

Реконструировано и функционально аннотировано 99 геномов, собранных на основе полных метагеномов, изучены метаболические возможности микробиомов: семейства генов CAZyme, гены биоактивных соединений и синтеза вторичных метаболитов, антимикробная активность и устойчивость к антибиотикам.

Были получены и функционально аннотированы полные геномы 34 штаммов молочнокислых бактерий, чтобы выбрать 13 наиболее подходящих культур с полезными свойствами для медицинской и пищевой промышленности.

Однако на основе прогнозов и полученных данных биоинформатического анализа необходима верификация и валидация микробиологическими методами, например, проверка антимикробной активности на тест-культурах и устойчивости к антибиотикам фенотипическими методами; тестирование способности изучаемых бактерий интегрироваться во внешнее микробное сообщество; поиск экспериментальных подтверждений прогнозируемых продукционных свойств и анализ пробиотического потенциала путем оценки толерантности к кишечной среде.

Список использованных источников

1. Gohl D.M., Vangay P., Garbe J., MacLean A., Hauge A., Becker A., Gould T.J., Clayton J.B., Johnson T.J., Hunter, R. et al. Systematic improvement of amplicon marker gene methods for increased accuracy in microbiome studies // *Nat. Biotechnology*. – 2016. – №. 34. – Pp. 942–949.
2. Holzapfel W.H., Brian J.B. Wood. «Lactic acid bacteria: biodiversity and taxonomy» М.: John Wiley & Sons, Ltd. – 2014. – P. 632.
3. Ghosh T., Beniwal A., Semwal A., Navani NK. Mechanistic Insights Into Probiotic Properties of Lactic Acid Bacteria Associated With Ethnic Fermented Dairy Products // *Front Microbiol.* 2019. 10:502.

Выпускник

Гриднева Софья Михайловна

факультет экотехнологий

e-mail: gridnevasm@yandex.ru

Научный руководитель

Банарь Светлана Александровна

к.г.н., доцент, ассистент факультета экотехнологий

e-mail: banar@mail.ru

УДК 504.05/06

**ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНЫХ
КОМПОНЕНТОВ ЗАПОВЕДНИКА «БАСТАК»**

Ключевые слова

Химические элементы, растения, заповедник, природные компоненты, кларк.

Цели и задачи

Заповедники играют значительную роль при оценке состояния среды в различных регионах, так как они представляют собой естественные экосистемы, не затронутые техногенным воздействием. Анализ содержания тяжелых металлов в природных компонентах заповедника позволяет установить уровень содержания химических элементов и сравнить его с результатами, полученными в районах, подверженных антропогенному загрязнению. Такие исследования способствуют установлению масштаба воздействия человека на окружающую среду и позволяют применить полученные данные для разработки мер защиты и восстановления нарушенных экосистем.

Кроме того, изучение элементного состава на территории заповедников позволяет изучить не только состояние окружающей среды, но и учесть региональные особенности, которые невозможно выявить при разработке широко применяемых стандартов (ПДК, СанПин и др.) [4].

Цель работы – провести эколого-геохимическую оценку состояния природных компонентов заповедника «Бастак».

Основная часть (методология, результаты)

Государственный природный заповедник «Бастак» располагается на юге Дальнего Востока на территории Еврейской автономной области (ЕАО). Он состоит из двух кластеров – «Центральный» и «Забеловский». Общая площадь заповедника составляет 127094,5 га. Территория отличается разнообразным рельефом и почти поровну делится на горную и равнинную части. Кластер «Центральный» находится на границе двух природных зон с преобладающим лесным типом растительности [1]. Большая часть кластера представлена хвойными лесами: ельниками, лиственничниками, хвойно-широколиственными лесами с

преобладанием кедр корейского. Почти половину территории занимают лиственные леса, представленные берёзой, дубом, липой, ольхой, осиной, ясенем, тополем и ивой. Треть территории занимают болота и влажные луга [5].

Отбор проб растений проводился в период с 19 по 26 июня 2023 года на территории кластера «Центральный». У растений отбирали листья, кору и хвою. Для получения более точных результатов пробы усредняли. Камеральная обработка проводилась в лаборатории Университета ИТМО. Растения высушивали до воздушно-сухого состояния, после образцы измельчали с помощью мельницы, часть растений озоляли в муфельной печи. Далее измельченную растительную массу спрессовывали для дальнейшего анализа.

Для получения данных о содержании химических элементов был использован метод рентгенофлуоресцентного анализа (РФА). Данный метод позволяет получить данные о валовом содержании химических элементов в растениях. По спектру излучения, выделяемого химическими элементами в таблетках, определяется качественный и количественный состав соединений, содержащихся в растениях (таблица). Были определены концентраций таких веществ как Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Sr, Ti, Cr.

Таблица. Среднее содержание химических элементов в растениях заповедника «Бастак» (мг/кг сухого вещества)

Вид	Орган	Содержание х.э. мг/кг сухого вещества							
		Mn	Ni	Cu	Zn	Sr	Ti	Fe	Cr
Лиственница Каяндера	Кора	235	0	6,7	22,8	47,0	23	253,5	4,8
Лиственница Каяндера	Хвоя	923,5	0	6	47	50,4	36,3	410,3	4,8
Пихта белокорая	Кора	863,7	0	6,7	37,3	59,6	29,2	252,7	4,8
Пихта белокорая	Хвоя	190,3	0,7	6,3	24,7	26,9	24,1	262,7	4,8
Кедр корейский	Кора	51,5	0	7	21,8	9,2	13	179,5	4,7
Кедр корейский	Хвоя	124	1	6,5	44	12,8	18,4	226	4,8
Берёза жёлтая	Кора	1102	0	10	103,5	10,5	31,2	343,5	4,6
Берёза плосколистная	Кора	774,8	0	10,8	79	2,2	19	242,8	4,6
Ива Шверина	Кора	461	0	6,3	276	78,7	32,9	329	4,9
Ива Шверина	Листья	408,5	1	7	99,5	66	27,3	231,5	5
Элеутерок	Листья	138	1	9	24	201,4	25,8	246	5,2
Голубика	Листья	338	0	8	32	5,4	17,6	189	4,8
Папоротник	Листья	73	1	7	21	33,1	24	231	5
Лабазник дланевидный	Листья	286	1,5	8	42	57,3	33,4	294,5	5,1
Василисник нитчатый	Листья	66	0	0	10	55,3	18,1	193	5,1
Мох зеленый	Листья	243,3	2,8	8,2	35,7	49,4	145,1	3212,3	4,8
Кларк в растениях суши (Добровольский, 1988) [2]		205	2	8	30	35	32,5	-	1,8

Кроме среднего содержания химических элементов также был рассчитан коэффициент биологического поглощения (КБП). Он позволяет выявить зависимость между содержанием ТМ в почвах и растениях. Для это рассчитывают отношение содержания элемента в золе растительности к его валовому содержанию в почве. В зависимости от величины КБП выделяют несколько групп химических элементов, в зависимости от интенсивности их накопления. КБП может меняться в зависимости от сезона, условий увлажнения, свойств почв, их минерального состава и содержания органических веществ в почве. КБП рассчитывали для всех растений, представленных в таблице, кроме мха, так как он не имеет связи с почвой.

Лиственница, пихта и кедр являются эдификаторами древесного яруса на территории заповедника «Бастак», поэтому оценка их состояния имеет большое значение. На основании расчетов КБП были построены ряды интенсивности накопления химических элементов:

- 1) $Mn_{50,4} > Zn_{13,7} > Sr_{7,7} > Cr_{6,5} > Ni_{0,4} > Fe_{0,3} > Ti_{0,1}$ (кора);
- 2) $Mn_{20,3} > Sr_{6,4} > Zn_{5,5} > Cr_{1,7} > Ni_{0,2} > Ti_{0,05} > Fe_{0,03}$ (кора);
 $Mn_{4,8} > Zn_{4,6} > Sr_{3,2} > Cr_{1} > Ni_{0,7} > Fe_{0,1} > Ti_{0,1}$ (хвоя);

- 3) $Mn_{8,6} > Zn_{7,6} > Sr_{5,9} > Cr_{1,05} > Ni_{0,3} > Ti_{0,07} > Fe_{0,05}$ (кора);
 $Zn_5 > Mn_{4,4} > Ni_{1,9} > Sr_{0,9} > Cr_{0,07} > Fe_{0,06} > Ti_{0,05}$ (хвоя).

На основании полученных рядов биологического накопления можно сделать вывод, что наибольшую концентрацию имеют марганец, цинк и стронций.

Наиболее распространенные виды лиственных растений на территории заповедника – ива Шверина и береза плосколистная, также в кустарничковом ярусе горной части широко распространена голубика. Эти растения имеют следующие ряды биологического накопления:

- 1) $Mn_{234,2} > Zn_{61,2} > Sr_{0,8} > Ni_{0,7} > Cr_{0,6} > Fe_{0,2} > Ti_{0,1}$ (кора);
2) $Mn_{21,3} > Zn_{6,5} > Sr_4 > Ni_{1,7} > Cr_{0,07} > Ti_{0,06} > Fe_{0,04}$ (листья);
3) $Fe_{0,04} > Zn_{4,3} > Ti_{0,31} > Mn_{0,26} > Cr_{0,05} > Sr_{0,04}$ (ветви).

Высокие концентрации марганца, железа и цинка являются характерными для этих элементов т. к. они являются биофильными, но потребность в них у разных растений отличается. Стронций также является важным элементом для растений в оптимальных концентрациях он играет большое значение в обмене веществ [3].

Медь является дефицитным элементом на данной территории и при проведении анализа ее концентрации в почвах оказались ниже порога чувствительности прибора. Поэтому при построении рядов биологического поглощения КБП меди не рассчитывался.

Точки отбора проб находились в различных частях заповедника, и условия на каждой из них отличаются. Поэтому были проанализированы результаты содержания химических элементов на разных профилях внутри одного вида. Учитывались данные только тех растений, которые имеют более широкое распространение и чаще встречаются на территории заповедника.

В горной части широко распространены такие виды как пихта белокорая, кедр корейский и лиственница Каяндера. На равнине чаще встречаются береза желтая и береза плосколистная, единичные экземпляры встречаются в горной части. На берегу рек чаще произрастает ива Шверина. Также на шести пробных площадках был отобран мох зеленый.

Самое низкое содержание ХЭ было отмечено в хвое и коре кедра корейского на всех профилях. При этом полученные значения были незначительно выше кларка, что соответствует особенностям ландшафтно-геохимическим особенностям ЕАО.

Пихта белокорая была отобрана на трех пробных площадках, две из них находились вблизи рек. На профиле, располагавшемся на севере заповедника содержание Sr в коре, было в два раза выше кларка, а концентрация Mn была выше в четыре раза. При этом в хвое пихты химические элементы (ХЭ) накапливались в меньшем количестве и не превышали кларковые значения. Такое распределение ХЭ характерно для древесных растений, так как кора является депонирующим органом.

Кроме того, результаты отличались на разных профилях. Более высокие концентрации были отмечены на горе Чернуха в кедрово-широколиственном лесу. Это может быть связано с особенностями почв на данном профиле, что в свою очередь может свидетельствовать о большем количестве подвижных форм химических элементов, относительно других профилей.

Накопление химических элементов в лиственнице Каяндера имело некоторые отличия от других видов, так как концентрация ХЭ в хвое была выше, чем в коре. В особенности отличалось содержание марганца и стронция. Данные элементы активнее накапливались в хвое и превышали кларк этих элементов 2–3 раза. Это может быть связано с особенностями накопления ХЭ в разных органах растения. Так, химические элементы в хвое лиственницы накапливаются более активно.

Кора березы плосколистной была отобрана на нескольких профилях, которые располагались как в горной, так и в равнинной части. Условия на них значительно отличались. При этом на всех точках отбора отмечалось активное поглощение Mn, Fe и Zn.

В коре березы желтой также было отмечено высокое содержание Mn, Fe и Zn, превышающее кларк данных элементов в 2–4 раза. Таким образом, результаты анализа содержания химических элементов в коре березы желтой и березы плосколистной могут свидетельствовать о биогеохимической специализации данного семейства.

Распределение большинства элементов в коре и листьях ивы Шверина происходило более равномерно. Цинк и марганец накапливались более активно в коре, при этом содержание Zn в коре ивы в северной части заповедника превышало кларк более, чем в 10 раз. При этом Mn активнее накапливался в листьях. На основании полученных результатов можно сделать вывод, что ива Шверина является видом концентратором Zn и Mn. Также было отмечено высокое содержание стронция, превышающее кларк во всех отобранных образцах.

На большинстве пробных площадок встречался мох зеленый, отличительной особенностью данного растения является отсутствие корней. Таким образом, мох может служить индикатором атмосферного загрязнения. В полученных образцах наибольшую концентрацию имеет железо. На площадке 2(1), расположенной за границей заповедника в Хабаровском крае, концентрация железа в несколько раз отличается по сравнению с другими точками. Это может быть результатом деятельности горнодобывающей промышленности, так как в последствии в атмосферу попадают мелкие частицы полезных ископаемых.

Таким образом, распределения химических элементов в растениях заповедника Бастак является неравномерным за счет различия условий в разных частях кластера Центральный. Полученные результаты также подтверждают особенности региона относительно высоких концентраций Mn и Fe в компонентах среды. Высокие концентрации таких элементов как Zn, Mn, Fe, Sr, Ti в растениях были отмечены на площадке 2(1), но стоит отметить, что данные ХЭ относятся к малотоксичным и не представляют опасности.

Эколого-геохимическая оценка заповедника «Бастак» показала высокое содержание Fe и Mn в растениях заповедника. Zn и Sr в большом количестве были выявлены в коре и листьях ивы Шверина, березы плосколистной. Остальные элементы были в пределах кларковых значений (Cu, Ni, Ti, Cr). При этом токсичных концентраций обнаружено не было.

Также были выявлены виды растений, имеющие высокую аккумулятивную способность – береза желтая и береза плосколистная, лиственница Каяндера. Более низкое содержание ТМ было обнаружено в коре и хвое кедр корейского. Такие различия в накоплении химических элементов могут быть связаны как с биохимической специализацией вида, так и с распространением данных видов на территории заповедника. Более высокое содержание химических элементов было отмечено в кедрово-широколиственных лесах, приуроченных к горной части заповедника (кедровые леса, лиственничники).

Полученные данные в дальнейшем могут быть использованы в качестве фоновых для оценки состояния близлежащих территорий, подверженных антропогенному воздействию.

Список использованных источников

1. География Еврейской автономной области: общий обзор / ДВО РАН; отв. ред. Е.Я. Фрисман. – Биробиджан: ИКАРП ДВО РАН, 2018. – 408 с.
2. Добровольский В.В. География микроэлементов: Глобальное рассеяние / В.В. Добровольский. – Москва: Мысль, 1983. – 272 с.
3. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва-растение / В.Б. Ильин. – Новосибирск: Наука. Сиб. отделение, 1991. – 151 с.
4. Ландшафтно-геохимические основы фонового мониторинга природной среды / М.А. Глазовская, Н. С. Касимов, Т. А. Теплицкая [и др.]. – Москва: Наука, 1989. – 264 с.
5. Рубцова Т.А. Особо охраняемые природные территории Еврейской автономной области: состояние и перспективы развития / Т.А. Рубцова, А.Ю. Калинин. – Владивосток: Дальнаука, 2011. – 137 с.

Выпускник

Грицай Арина Игоревна

институт прикладных компьютерных наук

e-mail: arina.griz@mail.ru

Научный руководитель

Андоскин Андрей Александрович

Преподаватель практики ИТМО

e-mail: andrey.andoskin2016@yandex.ru

УДК 004.08

БИЗНЕС-ТЕЗИС "PARIMATE": РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ДЛЯ ДЕТЕКЦИИ НЕЦЕНЗУРНОГО КОНТЕНТА НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ И РЕКОМЕНДАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ СОВМЕСТНОЙ ВЫРАБОТКИ ПРИВЫЧЕК

Ключевые слова

Машинное обучение, компьютерное зрение, детекция нецензурного контента, рекомендательные системы, swot-анализ, управление рисками.

Цели и задачи

Мотивация играет ключевую роль в изменении поведения и формировании привычек, что особенно актуально в контексте современного ритма жизни, где многие стремятся к саморазвитию и достижению личных целей, однако потеря мотивации остается распространенной проблемой, которая значительно снижает эффективность на пути к цели. В условиях высокой конкуренции и быстрого темпа жизни, создание инструментов для поддержания мотивации становится важной задачей, таким образом практическая значимость разработки заключается в создании приложения, которое помогает пользователям формировать и поддерживать привычки посредством социальной ответственности и внешней мотивации. Интеграция современных технологий, таких как машинное обучение и рекомендательные системы, позволит предложить пользователям более персонализированные и эффективные решения для поддержания мотивации. Цель работы – разработка и развертывание мини-приложения «PariMate» в Telegram, направленного на поддержку пользователей в формировании полезных привычек. Основные задачи включают: разработку модели для детекции нецензурного контента; создание системы рекомендаций для подбора персонализированных челленджей; анализ и управление рисками стартапа.

Основная часть (методология, результаты)

«PariMate» – мини-приложение в Telegram, предоставляющее удобную платформу для формирования привычек, использующее машинное обучение для проверки отчетов и систему рекомендаций для подбора челленджей. Для решения задачи детекции нецензурного контента на изображениях рассматривались варианты готовых сервисов и открытых решений и модель с архитектурой Resnet-101, предобученной на наборе данных ImageNet, и дополнительно обученной под задачу детекции нецензурного контента на наборе данных, составленном и аннотированном вручную [1]. Данные поступали из разных источников – открытых наборов данных и собирались методом скрейпинга изображений с веб-сайтов. Общий размер набора данных – 12360 изображений, из них 10000 для тренировочной выборки, 2260 для валидационной выборки и 100 для тестовой выборки, классы сбалансированы во всех выборках. Для оценки качества моделей использовались метрики точность (precision) – отношение правильно идентифицированных нецензурных изображений к общему числу таких изображений, полнота (recall) – отношение правильно идентифицированных нецензурных изображений к общему числу реальных нецензурных изображений, f1-мера (f1) – гармоничное среднее точности и полноты, а также учитывалось ценовая политика [2]. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1. Сравнение моделей на тестовой выборке

Модель	Цена за 1 изображение, руб.	Метрики качества		
		precision	recall	f1
Yandex Vision OCR	0,13	0,89	0,84	0,87
VK Cloud API Vision	0,06	0,96	0,94	0,95
Fine-Tuned Vision Transformer	0	0,91	0,9	0,9
CLIP-based-NSFW-Detector	0	0,88	0,86	0,87
Обученный ResNet-101	0	0,73	0,7	0,71

Обученная на собственных данных модель оказалась хуже по качеству, чем существующие решения, поэтому на данном этапе было решено внедрить в продукт решение с открытым кодом (Fine-Tuned Vision Transformer), которое удовлетворяет текущий запрос.

Рекомендательные системы анализируют предпочтения пользователей и предсказывают их интересы, для разработки такой системы нужно описать текущий контекст и бизнес-требования [3]. Приложение «PariMate» – новое и не имеет данных о пользователях и их взаимодействиях с челленджами. Информация о челлендже включает уровень подготовки, тип, размер взноса, количество участников, даты начала и конца, статус. Для ранжирования берутся только челленджи в статусе «скоро начнется». Данные о пользователе собираются через опрос из пяти вопросов. Бизнес-требования следующие: повышение вовлеченности пользователей, поддержка целей в области здоровья и спорта, увеличение прибыли. Для повышения вовлеченности пользователей, которые еще не прошли опрос, на главной странице по умолчанию будут представлены три категории: «начни сегодня» (в выдаче выше челленджи с ближайшей датой старта); «популярное» (в выдаче выше челленджи с наибольшим количеством участников); «по категориям» (ранжирование по усложнению: шаги-бег-фитнес, внутри категории – по дате начала). Чтобы получить релевантную к бизнес-целям информацию о пользователях был разработан опрос из пяти вопросов с выбором ответа: как часто вы занимаетесь физическими упражнениями? (несколько раз в неделю; раз в неделю; никогда); какие физические показатели вы бы хотели изменить? (улучшить выносливость; похудеть; набрать физическую массу); ваш основной род деятельности: (учеба; работа; фриланс/другое); как вы обычно реагируете в новых социальных ситуациях? (чувствую себя уверенно и легко завожу новые знакомства; сначала стесняюсь, потом раскрываюсь; мне трудно

общаться с незнакомыми людьми); каких подписок на каналы в Telegram у вас больше всего? (новостные; развлекательные; образовательные).

Учитывая ограниченность получаемой в ходе опроса информации о пользователях для решения, задачи подходит система рекомендаций, основанная на правилах. На основе ответов система делит пользователей по уровню подготовки, цели, доходу и ранжирует челленджи по этим параметрам, учитывая тип личности и интересы. Это помогает создавать персонализированные рекомендации, удовлетворяя бизнес-требования.

SWOT-анализ – метод стратегического планирования, который используется для выявления и оценки внутренних и внешних факторов, влияющих на организацию, для определения направлений развития и конкурентных преимуществ [4]. Для минимизации угроз и повышения конкурентоспособности стартапа необходимы стратегическое использование возможностей и эффективное управление рисками, на рисунке представлен SWOT-анализ.



Рисунок. SWOT-анализ

В результате идентифицировано одиннадцать основных рисков: малое привлечение пользователей и низкая узнаваемость; низкий уровень вовлеченности пользователей; зависимость от Telegram; юридические риски; финансовые риски; угроза кибербезопасности; репутационные риски; низкое доверие пользователей к платформе; технические риски; восприятие челленджей как азартных игр; конкуренция.

Для оценки и визуализации рисков использовалась матрица рисков, где вероятность возникновения делится на высокую (>50%), среднюю (25–50%) и низкую (<25%). Стратегии работы с рисками включают: уклонение (исключение риска), передачу (переложение ответственности), снижение (уменьшение вероятности наступления или влияния риска) и принятие (резерв времени и средств или создание запасного плана). Результаты работы представлены в таблице 2, порядковый номер риска соответствует их перечислению выше.

Таблица 2. Оценка вероятности и стратегии управления рисками

Риск	Вероятность	Уровень воздействия	Стратегия управления	Мероприятия, предупреждающие возникновение риска
1	Высокая	Высокий	Снижение	Разработка маркетинговой и PR-кампании, партнерство и сотрудничество с инфлюенсерами
2	Высокая	Высокий	Снижение	Регулярные обновления приложения, проведение специальных событий, сбор и анализ обратной связи
3	Средняя	Высокий	Снижение	Отслеживание изменений в политике Telegram, поиск резервных платформ
4	Средняя	Высокий	Снижение, передача	Мониторинг изменений в законодательстве, консультации с экспертами, наём юриста в штат
5	Средняя	Высокий	Снижение, передача	Отслеживание фин. операций, проверка отчетности, работа с проверенными операторами обработки платежей
6	Средняя	Высокий	Снижение	Использование многоуровневых протоколов безопасности, регулярные проверки безопасности
7	Средняя	Высокий	Снижение	Поддержание этических норм взаимодействия на платформе
8	Средняя	Высокий	Снижение	Четкие и понятные правила челленджей, прозрачная политика сбора и обработки данных, доступная поддержка
9	Средняя	Средний	Снижение	Регулярное техническое обслуживание и тестирование, разработка масштабируемой инфраструктуры
10	Средняя	Средний	Снижение	Явное позиционирование как развлекательной и социальной платформы, соответствие нормам закона
11	Низкая	Низкий	Принятие	Создание уникальных функций, поиск новых конкурентных преимуществ

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В ходе работы были рассмотрены существующие модели для детекции нецензурного контента, а также обучена модель на наборе данных, собранном вручную, качество всех моделей оценивалось по метрикам точности, полноты и F1-меры, и по итогам сравнительного анализа, модель с лучшими показателями была выбрана для интеграции в продукт. В дальнейшем планируется обучить эту модель на изображениях с более частными случаями, чтобы максимально избавиться от ложных срабатываний.

Для создания системы рекомендаций для подбора персонализированных челленджей в новом приложении, в отсутствие исторических данных о пользователях, была разработана система рекомендаций на основе правил. В дальнейшем планируется внедрение методов коллаборативной фильтрации для повышения качества рекомендаций.

В ходе работы над стратегией управления рисками были выявлены сильные и слабые стороны проекта с помощью SWOT-анализа, проведена оценка рисков и их воздействия с помощью матрицы рисков и разработаны стратегии минимизации рисков, в будущем планируется продолжение работы по идентификации и подбора подходящих стратегий управления рисками.

Список использованных источников

1. ResNet-101 v1.5. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://huggingface.co/microsoft/resnet-101> (дата обращения: 23.06.2024).
2. Goutte C., Gaussier E. A probabilistic interpretation of precision, recall and f-score, with implication for evaluation // Proceedings of the European Conference on Information Retrieval. Springer. – 2005. – Pp. 345–359.
3. Roy D., Dutta M. A systematic review and research perspective on recommender systems // Journal Big Data 9. – 2022. – №. 59. DOI: 10.1186/s40537-022-00592-5.
4. Fine L.G. The SWOT Analysis: Using your Strength to Overcome Weaknesses, Using Opportunities to Overcome Threats // Kick It. – 2009. – 78 p.

Выпускник

Гусельников Михаил Сергеевич

научно-образовательный центр фотоники и оптоинформатики

e-mail: msguselnikov@itmo.ru

Научный руководитель

Козлов Сергей Аркадьевич

д.ф.-м.н, профессор, руководитель международного научного центра оптической и квантовой информатики, биофотоники

e-mail: kozlov@mail.ifmo.ru

УДК 535-14

**ДИНАМИКА ПОЛЯ И СПЕКТРА ТЕРАГЕРЦОВЫХ ВОЛН ИЗ МАЛОГО
ЧИСЛА КОЛЕБАНИЙ ПРИ ДВУХФОТОННОМ РЕЗОНАНСНОМ
ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С КОЛЕБАТЕЛЬНОЙ МОДОЙ ОПТИЧЕСКОЙ
СРЕДЫ**

Работа выполнена в рамках темы НИР № 324008 «Особенности нелинейного отклика оптических сред в поле терагерцового излучения».

Ключевые слова

ТГц излучение, колебательная нелинейность, коэффициент нелинейного показателя преломления, импульсы из малого числа колебаний поля, двухфотонный резонанс.

Цели и задачи

Недавнее распространение мощных импульсных источников терагерцового (ТГц) излучения открыло большие возможности для изучения нелинейных оптических эффектов, возникающих в поле ТГц излучения. Основная особенность доступных на данный момент ТГц импульсов состоит в том, что они состоят из малого (вплоть до одного) числа колебаний электрического поля. Динамика таких импульсов существенно отличается от динамики квазимонохроматического излучения [1]. Другая важная особенность ТГц излучения заключается в том, что ряд материалов в ТГц спектральном диапазоне обладает гигантской (на 4-6 порядков больше, чем в видимом и ИК-диапазонах) и малоинерционной (время установления нелинейного отклика менее 1 пс) нелинейностью показателя преломления, что сперва было предсказано теоретически [2], а затем подтверждено экспериментально [3]. Гигантская и малоинерционная нелинейность показателя преломления перспективна для создания сверхбыстрых устройств ТГц фотоники на основе нелинейных эффектов. Например, с помощью такой нелинейности могут быть созданы оптические логические элементы (оптические транзисторы, коммутаторы и ячейки памяти) на основе нелинейного

интерферометра Фабри-Перо за счет эффектов нелинейного усиления и би- и мультистабильного пропускания.

Вдобавок к этому, гигантская и малоинерционная нелинейность позволяет наблюдать сильный двухфотонный резонанс коэффициента нелинейного показателя преломления. Вблизи двухфотонного резонанса, где в отличие от однофотонного резонанса линейное поглощение относительно невелико, а резонансное усиление достаточно заметно, эффективность генерации нелинейных эффектов может быть увеличена на порядки. Ранее эффекты, возникающие в случае, когда спектр импульсного ТГц излучения частично или полностью перекрывает контур двухфотонного резонансного поглощения, подробно не исследовались из-за отсутствия сред с одновременно высокой и малоинерционной нелинейностью показателя преломления. Сейчас, в связи с открытием гигантской и малоинерционной ТГц нелинейности, эта проблема стала очень актуальной, в частности для разработки устройств ТГц фотоники – с помощью эффектов двухфотонного резонанса эффективность таких устройств может быть потенциально увеличена на несколько порядков. Отсюда вытекает цель настоящей работы – построить теоретическую модель двухфотонного резонансного взаимодействия интенсивного малопериодного ТГц излучения с колебательной оптической среды и выявить эффекты, возникающие при таком взаимодействии.

Основная часть (методология, результаты)

Теория ТГц нелинейного отклика основывается на гипотезе о том, что основной вклад в нелинейное изменение показателя преломления в ТГц диапазоне вносят ангармонические колебания атомов в молекулах [3]. Поляризационный отклик колебательной природы на линейно-поляризованное поле ТГц излучения может быть описан системой скалярных параметрически связанных классических уравнений [5]

$$\begin{cases} \frac{d^2 P_{lin}^{el}}{dt^2} + \gamma_{el} \frac{dP_{lin}^{el}}{dt} + \omega_{0,el}^2 P_{lin}^{el} = q_{el} N_{el} \alpha_{el} E \\ \frac{d^2 P_{lin}^v}{dt^2} + \gamma_v \frac{dP_{lin}^v}{dt} + \omega_{0,v}^2 P_{lin}^v = q_v N_v \alpha_v E \\ \frac{d^2 P_{nl}^v}{dt^2} + \gamma_v \frac{dP_{nl}^v}{dt} + \omega_{0,v}^2 P_{nl}^v = R P_{lin}^v - \frac{b}{q^2 N^2} (P_{lin}^v)^3, \\ \frac{d^2 R}{dt^2} + \gamma_v \frac{dR}{dt} + \omega_{0,v}^2 R = \frac{2a^2}{q^2 N^2} (P_{lin}^v)^2 \end{cases} \quad (1)$$

где P_{lin} и P_{nl} – линейная и нелинейная кубическая поляризация, соответственно, t – время, γ – коэффициент затухания молекулярных колебаний, ω_0 – центральная частота колебательной моды, q – эффективный заряд колебательной моды, N – концентрация молекулярных осцилляторов в веществе, R – функционал, описывающий вклад квадратичного ангармонизма локальных молекулярных колебаний в кубический макроскопический поляризационный отклик среды, E – напряженность электрического поля, a и b – коэффициенты, характеризующие квадратичный и кубический ангармонизм локальных молекулярных колебаний, соответственно. Индекс $v(el)$ указывает на колебательную(электронную) природу соответствующего параметра.

Комбинируя систему (1) с волновым уравнением для электрического поля ТГц излучения [4]:

$$\frac{\partial^2 E}{\partial z^2} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 E}{\partial t^2} = \frac{4\pi}{c^2} \frac{\partial^2 P_{lin}}{\partial t^2} + \frac{4\pi}{c^2} \frac{\partial^2 P_{nl}}{\partial t^2},$$

где z – направление распространения импульса в среде, c – скорость света в вакууме и $P_{lin} = P_{lin}^{el} + P_{lin}^v$, а также используя нормированные переменные и переходя в частотную область получим, применив метод последовательных приближений, систему динамических уравнений для спектра $G = G^{(0)} + \mu_a G^{(a)}$ ТГц излучения из малого числа колебаний поля, взаимодействующего с колебательной модой оптической среды

$$\begin{cases} \tilde{G}^{(0)}(\tilde{\omega}, \tilde{z}) = \frac{i}{\sqrt{2}} \exp\left(-\frac{\tilde{\omega}^2 + \tilde{\Omega}_0^2}{4}\right) \sinh\left(\frac{\tilde{\omega}\tilde{\Omega}_0}{2}\right) \exp(i\tilde{\omega}\tilde{n}\tilde{z}) \\ \tilde{G}^{(a)}(\tilde{\omega}, \tilde{z}) = \frac{\tilde{\omega}\tilde{z} e^{i\tilde{\omega}\tilde{n}\tilde{z}} e^{-\frac{\tilde{\omega}^2 + 3\tilde{\Omega}_0^2}{4}}}{32\sqrt{2}\pi\tilde{n}} \left(1 - \frac{\tilde{\omega}^2}{\tilde{\omega}_0^2} - \frac{i\tilde{\omega}\tilde{\gamma}_v}{\tilde{\omega}_{0,v}^2}\right)^{-1} f_a(\tilde{G}^{(0)}(\tilde{\omega}, \tilde{z})) \end{cases}, \quad (2)$$

где

$$\mu_a = \frac{1}{8\pi^2 k_B^2} \frac{m_v^2 L_0^2}{q_v^2 N_v^2 \tilde{n}_0^2} \alpha_T^2 \omega_{0,v}^4 \left((n_{0,v}^{\omega})^2 - 1 \right)^3 E_0^2, \quad (3)$$

$\tilde{\Omega}_0$ – центральная частота спектра импульса, \tilde{n} – линейный показатель преломления, f_a – некоторый интегральный функционал.

Система (2) учитывает линейную дисперсию показателя преломления, нерезонансную и двухфотонную резонансную нелинейную дисперсию показателя преломления колебательной природы. Малый параметр (3) характеризует нелинейное изменение показателя преломления и определяется квадратом коэффициента теплового расширения вещества α_T , четвертой степенью центральной частоты резонансной колебательной моды и интенсивностью излучения.

С помощью данной модели обнаружено, что при превышении центральной частоты спектра входного импульса центральной частоты профиля двухфотонного поглощения в спектре импульса на выходе из нелинейной среды может наблюдаться генерация низкочастотного субимпульса. Также выявлено, что эффективность генерации нелинейных эффектов максимальна, когда отношение полуширины на полувывоте (HWHM) спектра входного импульса входного к HWHM двухфотонного контура поглощения колебательной связи стремится к единице, а разность между центральными частотами спектра входного импульса и контура двухфотонного поглощения стремится к нулю. В таком случае эффективность генерации нелинейных эффектов может возрасти на порядок относительно случая нерезонансного взаимодействия.

Для иллюстрации полученных результатов было проведено моделирование динамики ТГц импульса из малого числа колебаний поля, распространяющегося вдоль оптической оси кристалла ниобата лития вблизи двухфотонного резонанса ТГц колебательной моды LiNbO₃ с центральной частотой спектра импульса. На рисунке 1 можно увидеть появление низкочастотного субимпульса в спектре ТГц импульса из трех колебаний поля с центральной частотой, равной 64% от центральной частоты резонансной колебательной моды.

На рисунке 2 изображена зависимость отношения квадрата модуля разности спектра импульса на выходе из нелинейной среды с учетом и без учета нелинейных эффектов к квадрату модуля спектра входного импульса (S_{res}), деленного на величину этого коэффициент вдали от резонанса (S_{nr}), от числа колебаний поля p в импульсе с центральной частотой, равным половине центральной частоты резонансной колебательной моды. Видно, что это соотношение возрастает на порядок при $p \sim 9,5$.

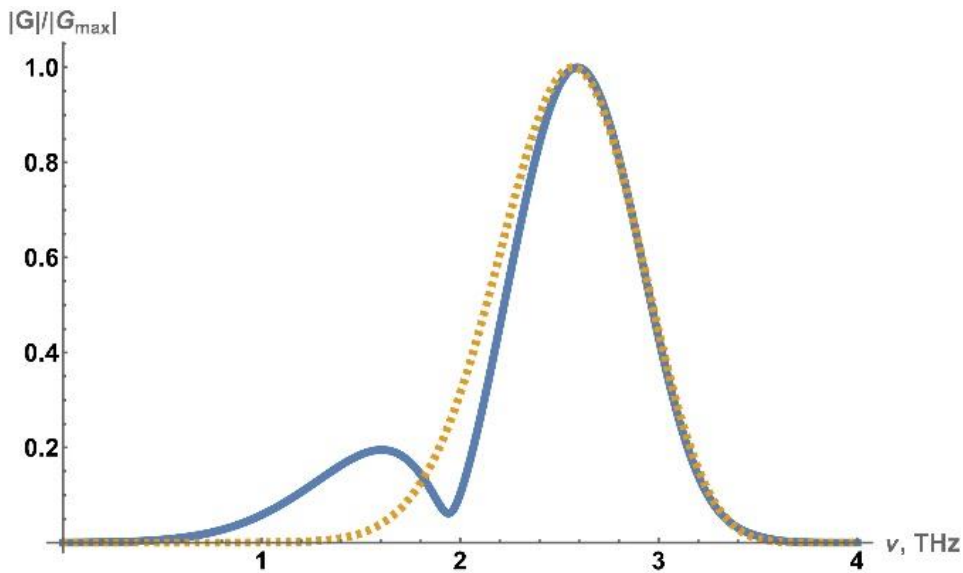


Рис. 1. Нормированный спектр ТГц импульса на выходе из нелинейной среды с учетом (синяя сплошная кривая) и без учета (желтая пунктирная кривая) нелинейных эффектов

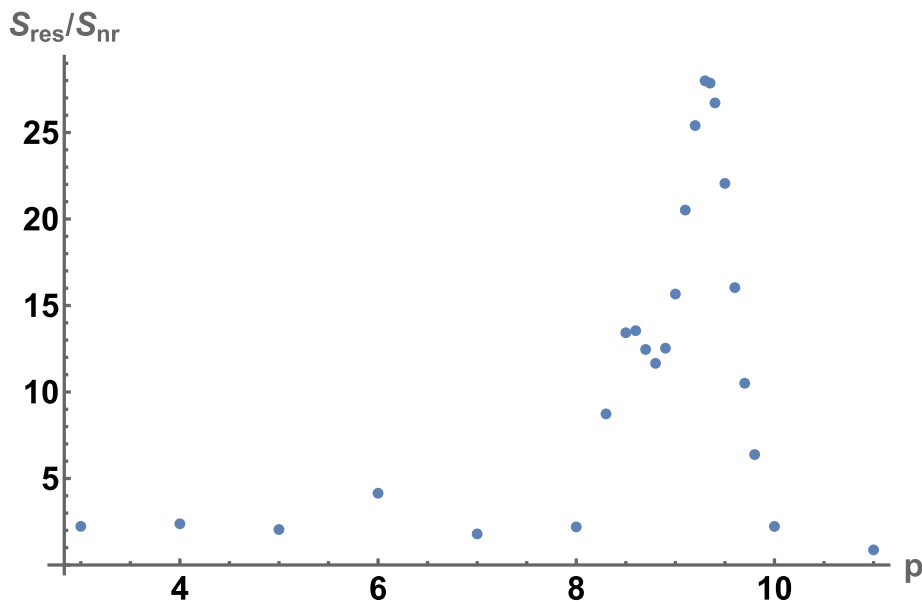


Рис. 2. Зависимость отношения квадрата модуля разности спектра импульса на выходе из нелинейной среды с учетом и без учета нелинейных эффектов к квадрату модуля спектра входного импульса S_{res} , деленного на это соотношение в нерезонансном случае S_{nr} , от числа колебаний поля p в импульсе с центральной частотой спектра, равной половине центральной частоты резонансной колебательной моды

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В настоящей работе выведена система уравнений динамики спектра терагерцовых импульсов из малого числа колебаний поля, учитывающая дисперсию линейного показателя преломления, нерезонансную и двухфотонную резонансную дисперсию нелинейного показателя преломления оптической среды колебательной природы. Показано, что малый параметр системы, характеризующий величину нелинейного показателя преломления, определяется квадратом теплового расширения вещества, четвертой степенью центральной частоты резонансной колебательной моды и интенсивностью излучения.

Выявлено, что эффективность генерации нелинейных эффектов максимальна, когда отношение полуширины входного спектра к полуширине контура двухфотонного поглощения колебательной моды стремится к единице, а разница между центральной частотой спектра входного импульса и центральной частотой контура двухфотонного поглощения стремится к нулю. В таком случае указанное отношение может возрасти на порядок относительно случая нерезонансного взаимодействия.

Обнаружено, что, когда центральная частота спектра входного импульса превышает центральную частоту контура двухфотонного поглощения в спектре импульса на выходе из нелинейной среды может наблюдаться генерация низкочастотного субимпульса. Его появление обуславливается инерционностью резонансного нелинейного отклика.

Результаты, полученные в настоящей работе, могут быть использованы для повышения эффективности генерации нелинейных эффектов за счет снижения критических значений мощности излучения, необходимых для наблюдения нелинейных эффектов, путем резонансного усиления нелинейного отклика среды. Это важно для проектирования и оптимизации сверхбыстрых устройств ТГц фотоники, которые сейчас активно разрабатываются. Эффект генерации низкочастотных субимпульсов может быть использован для нелинейного изменения спектра излучения, что перспективно для изменения логических состояний в оптических логических устройствах.

Список использованных источников

1. Suppression of self-focusing for few-cycle pulses / S.A. Kozlov, A.A. Drozdov, S. Choudhary [и др.] // *JOSA B*. – 2019. – Т. 36. – № 10. – Pp. G68-G77.
2. Dolgaleva K., Materikina D.V., Boyd R.W., Kozlov S.A. Prediction of an extremely large nonlinear refractive index for crystals at terahertz frequencies // *Physical Review A*. – 2015. – Т. 92. – №. 2. – P. 023809.
3. Тсупкин А.Н., Мельник М.В., Жуклова М.О. и др. High Kerr nonlinearity of water in THz spectral range // *Optics Express*. – 2019. – Т. 27. – №. 8. – Pp. 10419–10425.
4. Kozlov S.A. *Fundamentals of Femtosecond Optics* / S.A. Kozlov, V.V. Samartsev. – Elsevier, 2013. – 266 p.
5. Гусельников М.С., Жукова М.О., Козлов С.А. Материалы для сверхбыстрой терагерцовой фотоники // *Оптика и спектроскопия*. – 2023. – Т. 131. – №. 2. – С. 287–296.

Выпускник

Джумаев Мухаммед Хемраевич
институт "Высшая инженерно-техническая школа"
e-mail: genri001@mail.ru

Научный руководитель

Пронин Владимир Александрович
д.т.н., профессор института "Высшая инженерно-техническая школа"
e-mail: vpronin@itmo.ru

УДК 004.04

**ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ
И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ**

Работа выполнена в рамках темы НИР № «Особенности проектирования системы отопления и кондиционирования воздуха учебных заведений».

Ключевые слова

Система отопления, теплотехнический расчет, теплопотери, система кондиционирования, гидравлический расчет, радиатор, сплит-система.

Цели и задачи

Выполнить проектирование системы отопления и кондиционирования воздуха для здания общеобразовательной школы в г. Санкт-Петербург. Разработать энергоэффективные системы, которые обеспечат оптимальный микроклимат и комфортные условия пребывания людей в школе.

Основная часть (методология, результаты)

Проектируемым объектом является четырехэтажное здание школы, расположенное в городе Санкт-Петербург. Здание имеет отапливаемый цокольный этаж (подвал), в котором размещены индивидуальный тепловой пункт, венткамера и другие помещения. На этажах объекта находятся учебные кабинеты, столовая, актовый зал и т.д. Теплоснабжение объекта осуществляется через индивидуальный тепловой пункт. Теплоносителем системы отопления является вода с температурными параметрами 95/70°C.

Для определения климатических параметров района и проектирования систем отопления и кондиционирования важно руководствоваться ГОСТами и сводами правил. Выбор расчетных параметров наружного воздуха основывается на климатических характеристиках региона, которые взяты для г. Санкт-Петербург [1].

Системы отопления являются неотъемлемой частью здания, поэтому они должны удовлетворять санитарно-гигиеническим, технико-экономическим, архитектурно-строительным и монтажно-эксплуатационным требованиям [2].

В любых зданиях при разности температур внутреннего и наружного воздуха непрерывно происходят потери тепла. Для того чтобы их рассчитать, необходимо выполнить теплотехнический расчет.

Целью теплотехнического расчета является определение общего сопротивления теплопередаче основных ограждающих конструкций (стен, чердачного и подвального перекрытий, окон, наружных дверей) [3].

Далее, рассчитываем теплопотери ограждающих конструкций для каждого помещения. Теплопотери через наружные ограждения вычисляются по формуле:

$$Q_{\text{пот}} = \frac{F}{R_0} \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) \cdot (1 + \sum\beta) \cdot n.$$

Суммарные потери теплоты приведены в таблице 1.

Таблица 1. Суммарные потери теплоты здания

Суммарные потери теплоты здания	
Вид конструкции	Количество потерь теплоты, Вт
Наружные стены	36357
Окна	45568
Пол	16267
Кровля	10958
Наружные двери	227
Дополнительные потери	6473
Итого	115850

После того, как рассчитали теплопотери, для их компенсации мы подбираем радиаторы отопления. Их номинальный тепловой поток $Q_{\text{н}}$ должен покрывать теплопотери помещения $Q_{\text{пот}}$. К установке были приняты стальные панельные радиаторы «PRADO» российского производства (табл. 2).

Таблица 2. Информация о размещаемых радиаторах

Информация о размещаемых радиаторах		
Тип радиатора	Номинальный тепловой поток, Вт	Количество, принятое к установке
PRADO UNIVERSAL 11x300x400	353	135
PRADO UNIVERSAL 11x300x500	430	46
PRADO UNIVERSAL 11x300x600	507	6
PRADO UNIVERSAL 21x300x400	491	16
PRADO UNIVERSAL 21x300x500	602	24
PRADO UNIVERSAL 21x300x600	713	9
PRADO UNIVERSAL 21x300x800	935	12
PRADO UNIVERSAL 21x400x1100	1635	6

После расчета тепловой мощности системы отопления и подбора радиаторов нужно выполнить гидравлический расчет. Была выбрана двухтрубная горизонтальная система отопления. Гидравлический расчет необходим для того, чтобы определить правильные диаметры трубопроводов, которые обеспечат нужную тепловую нагрузку. Гидравлический

расчет был выполнен методом расчета потерь давления из-за трения и местных сопротивлений.

После того, как был выполнен весь расчет, проверяем запас давления. Запас давления равен 6%, что является допустимым значением.

Системы кондиционирования воздуха используют для поддержания необходимых характеристик воздуха, соответствующих зоне комфорта [4]. Все виды кондиционеров выполняют одну задачу – обеспечивают оптимальный микроклимат в помещении, компенсируя теплопоступления.

Для того, чтобы определить требуемую мощность охлаждения, мы рассчитываем теплопоступления для каждого помещения, которые приведены в таблице.

Системы кондиционирования бывают центральные и местные. Центральные системы не рассматривались, так как нецелесообразно устанавливать её для кондиционирования трех помещений.

Проанализировав типы систем кондиционирования, было принято решение установить местные системы кондиционирования, а именно сплит-системы. Мульти сплит-системы не были выбраны в связи с тем, что в серверной требуется резервный кондиционер. Кроме того, к требованиям относилась установка оборудования российского производства.

К установке были приняты следующие кондиционеры «Бирюса» (табл. 3).

Таблица 3. **Информация о размещаемых кондиционерах**

№ помещения	Тип кондиционера	Холодо-производительность, кВт	Количество, шт.
212	Бирюса В-09DPR/В-09DPQ	2,65	2 (1 + 1 резерв)
213	Бирюса В-24DPR/В-24DPQ	7	1
214	Бирюса В-36FPR/В-36FPQ	9,7	1

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В ходе работы были проведены обзор научной информации, анализ существующих систем, теплотехнические и гидравлический расчеты, а также подбор оборудования. Результаты работы включают оптимальные решения для систем отопления и кондиционирования воздуха, которые обеспечивают комфортные условия пребывания людей в школе. Данная работа является основой для практической реализации данного проекта и может быть использована для создания эффективных систем в других подобных зданиях.

Список использованных источников

1. СП 131.13330.2020 «Строительная климатология». Москва: Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации, 2020.
2. Сибикин Ю.Д. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха: учеб. Пособие для студ. учреждений сред. проф. образования / Ю.Д. Сибикин. — 8-е изд., стер. — М.: Издательский центр «Академия», 2015. — 336 с.
3. Балашов А.А. Проектирование систем отопления и вентиляции зданий: учебное пособие / Сост.: А.А. Балашов, Н.Ю. Полунина, В.А. Ивановский, Д.С. Кацуба. – Тамбов: ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2014. – 132 с.
4. Жерлыкина М.Н. Системы обеспечения микроклимата зданий и сооружений: учеб. пособие / М.Н. Жерлыкина, С.А. Яременко. – Воронежский ГАСУ. – Воронеж, 2013. – 160 с.

Выпускник

Дорофеева Виктория Викторовна

факультет технологического менеджмента и инноваций

e-mail: viktoria38@yandex.ru

Научный руководитель

Орлова Ольга Юрьевна

к.т.н., доцент, ведущий научный сотрудник факультета технологического менеджмента и инноваций

e-mail: oousova@itmo.ru

УДК 658.8

**БИЗНЕС ТЕЗИС "ЛАМИ": РАЗРАБОТКА СТРАТЕГИИ
ПРОДВИЖЕНИЯ ПРОБИОТИКА ЛАМИНОКТАТ НА РОССИЙСКОМ
WELLNESS РЫНКЕ**

Ключевые слова

Пробиотики, разработка рецептур, микробиом, микрофлора кишечника, wellness, биологически-активные добавки, маркетинг-продвижения, трендвотчинг.

Цели и задачи

В современном мире здоровый микробиом является основой жизненно важных процессов. Бактерии продуцируют аналоги гормонов человека: серотонин, тестостерон, норадреналин, дофамин, гистамин. Воздействуя на стенку кишечника, эти вещества, попадая в кровоток, влияют на наш мозг, формируя привычки, вкусовые пристрастия, даже поведение. Концепция оси «кишечник – головной мозг – кишечник» стала парадигмой. Связь головного мозга и желудочно-кишечного тракта осуществляется на сенсорном, моторном и нейроэндокринном уровнях. Некоторые авторы продлевают эту ось, включая в нее взаимодействие между микробиотой кишечника и иммунной системой: «кишечник – головной мозг – иммунная система – микробиота» [1]. Цель исследования – определить эффективную стратегию для продвижения пробиотического драже Ламинолакта L3, созданного для восстановления нормы микробиома человека.

Основная часть (методология, результаты)

Продукт был разработан совместно с компанией «Авена». Уникальность разработки заключается в технологии производства, которая позволяет бактериям оставаться живыми в состоянии анабиоза. Состав продукта: полезные бактерии *Enterococcus faecium* L3, овес,

растительные компоненты, подобранные в соответствие с заявленными сортами. Штамм находится в коллекции Института Сельхоз микробиологии г. Пушкин, Россия и международной коллекции штаммов г. Гент, Бельгия. Полностью изучен геном штамма. Последовательность генома штамма *Enterococcus faecium* L3 депонирована в DDBJ/EMBL/GenBank под номером JRGX00000000 [2].

Для драже Ламиолакт L3 поставлена задача разработать стратегию продвижения отстранившись от рынка лекарственных препаратов. Для того, чтобы вывести продукт на рынок отличный фармацевтическому были проанализированы тренды рынка, динамику развития, анализ целевой аудитории, конкурентов, на основе чего выбрана ниша для продвижения стартап-проекта.

На основе анализа продукта было предложено выйти на рынок wellness продуктов и создать новый бренд «ЛАМИ», что позволяет отстроиться от рынка аптечных пробиотиков и рынка БАД, а также привлечь осведомленную о пользе пробиотиков аудиторию с высокой покупательской способностью. При разработке маркетинговой стратегии было определено позиционирование и миссия компании, выполнен брендинг. Позиционирование – wellness бренд. Миссия – научить человека активировать внутренние силы организма за счет работы микробиома, восстанавливая организм изнутри, запустив процесс правильного переваривания пищи, предотвращая развития любых воспалений до их появления.



Рисунок. Брендинг «ЛАМИ»

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

Любой стартап проект отличается высоким уровнем риска в отличие от классического бизнеса, обусловленный перспективой быстрого роста проекта. Поэтому крайне важно определить эффективную стратегию продвижения, чтобы проект не попал на «кладбище стартапов». В ходе работы была разработана эффективная маркетинговая стратегия продвижения для пробиотического драже Ламиолакт L3 в качестве wellness БАД «ЛАМИ». Правильный выбор ниши для продвижения продуктов станет катализатором роста стартап-проекта.

В дальнейшем планируется расширение продуктовой линейки созданного бренда, а именно производство косметики на основе пробиотиков.

Список использованных источников

1. Koleva P, Kim J, Scott J, Kozyrskyj A. Microbial programming of health and disease starts during fetal life. *Birth Defects Res C Embryo Today* 2015. – 105 (4). – Pp. 265–277.
2. Официальный сайт компании Авена. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://avena.ru/> (дата обращения: 30.04.2024).
3. Институт Хоппера PRINCIPLES OF WELLNESS. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.hopperinstitute.com/principles-of-wellness-1> (дата обращения: 11.02.2024).

Выпускник

Дравгелис Виталий Александрович
институт прикладных компьютерных наук
e-mail: vitdrav@gmail.com

Научный руководитель

Аксёнов Виталий Евгеньевич
PhD, доцент института прикладных компьютерных наук
e-mail: aksenov.vitaly@gmail.com

УДК 575.112

ПОИС И ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ПАТТЕРНОВ НА КАРТЕ КОНТАКТОВ Hi-C

Работа выполнена в рамках темы НИР №623082 «Разработка платформы для проведения сравнительных исследований трёхмерных структур геномов».

Ключевые слова

Карты контактов Hi-C, геномика, машинное обучение, свёрточные нейронные сети, структурные вариации генома.

Цели и задачи

Структура генома живых организмов является сложной и многогранной, её трехмерная организации важна для регуляции экспрессии генов [1], репликации и репарации ДНК [2]. Для её изучения используются метод Hi-C [3], создающий матрицу контактов между различными регионами генома. Эти матрицы, визуализированные в виде тепловых карт, называются картами Hi-C и содержат много информации о трехмерной организации генома. Однако их анализ, включая поиск геномных перестроек, является сложной задачей. Целью данного исследования является разработка системы осуществляющую поиск и визуализацию структурных вариаций на картах Hi-C.

Основная часть (методология, результаты)

Hi-C — это метод, который используется для изучения трехмерной организации хромосом внутри клеток. Он основан на принципе лигаз-опосредованной ПЦР [4], которая позволяет выявлять контакты между различными регионами генома. Результатом работы данного метода является квадратная матрица, размерность которой равна длине исследуемого участка ДНК (чаще всего одной или несколькими хромосомам), разделённого на разрешение

карты. Обычно матрицы имеют разрешение от 1000 (1 Kbp – kilobases, килобазы) до 1000000 (1 Mb – megabases, мегабазы), это значит, что одна ячейка или один пиксель содержит информацию о взаимном расположении 1000 или 1000000 пар нуклеотидных оснований соответственно. Таким образом, размерность матриц Hi-C находится в пределах от ста тысяч до более чем трёх миллионов. Из-за этого рассматривать и анализировать матрицы вручную – это очень трудоёмкий процесс. Пример Hi-C карты и паттернов структурных вариаций приведены на рисунке 1. На Hi-C карте оранжевыми точками обозначены структурные вариации, а ниже приведены они же в большем масштабе.

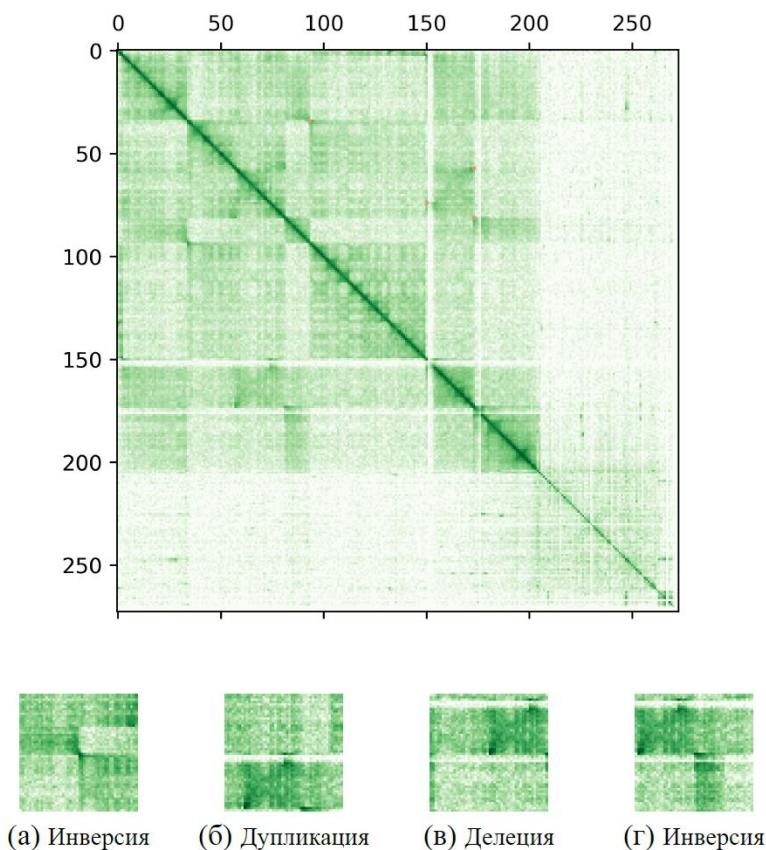


Рис. 1. Визуализация фрагментов Hi-C карты, содержащих структурные вариации

Для облегчения анализа и поиска объектов в матрицах Hi-C предлагается использовать специальное ПО, поставляемое отдельно или интегрированное в ПО для просмотра Hi-C карт, например в интерактивном скаффолдере и браузере карт Hi-C — HiСТ, в рамках проекта по разработке которого выполнена эта работа.

Было проведено исследование различных подходов к решению этой задачи. На основе этого и литературных источников в основе разрабатываемой системы принято решение использовать свёрточные нейронные сети, по описанному в [5] принципу. Он заключается в разбиении карты Hi-C на небольшие фрагменты фиксированного размера и использовании свёрточных нейронных сетей для их классификации, в зависимости от нахождения или отсутствия в них геномных перестроек. Это возможно благодаря тому, что каждый вид перестроек имеет характерные паттерны на карте, по которым их можно найти. В отличие от описанной в статье системы, разрабатываемая, имеет другую архитектуру, использующее меньшее количество ресурсов, за счёт оптимизации использования полносвязных слоёв. Ключевым отличием является более оптимальный способ обхода Hi-C карт, за счёт которого время работы системы сокращается в десятки раз. Рассматриваемый аналог обрабатывает всю карту Hi-C, при этом повторяя этот процесс для каждого исследуемого разрешения. Разработанное же решение осуществляет более интеллектуальный поиск за счёт использования знаний о принципах формирования паттернов на Hi-C картах, а также передачи

информации о процессе анализа между стадиями обработки Hi-C карты на различных разрешениях. Схематично этот процесс изображён на рисунке 2.

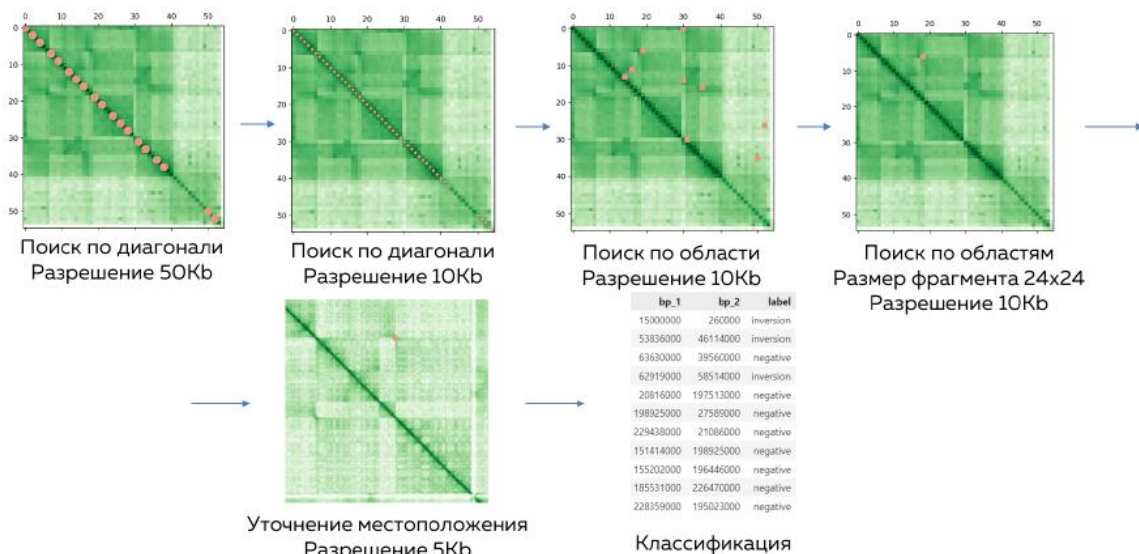


Рис. 2. Концептуальная схема

При этом точность нового решения превосходит данный аналог. Метрики разработанного решения в сравнении с метриками аналога представлены на рисунке 3.

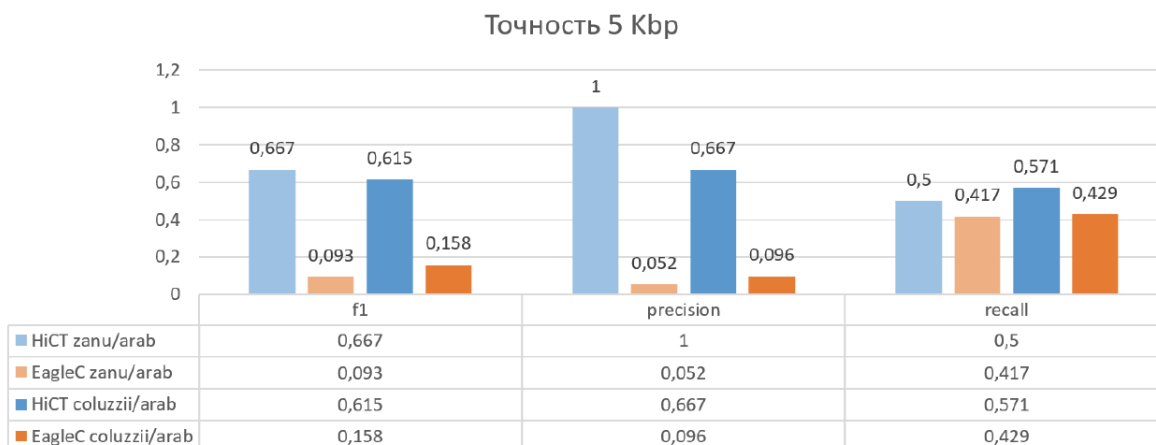


Рис. 3. Сравнительный график разработанного решения (HiCT) и аналога (EagleC)

Для формирования обучающей выборки были использованы аугментированные карты Hi-C нескольких видов комаров. За счёт этого нейросеть обучилась находить перестройки в геномах любых видов живых организмов.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В рамках этой работы было проведено исследование об использовании различных методов из статистики и машинного обучения для анализа данных, получаемых методом Hi-C. Основываясь на этом был совершён выбор в пользу свёрточных нейронных сетей. Несмотря на сложности, возникающие при работе с ними, и необходимости самостоятельного создания наборов данных для их обучения, конечный результат оправдывал затраченные усилия. Для

верификации качества результатов работы представляемого решения было проведено сравнение с лучшим [5] из существующих аналогов. Результаты этого сравнения показали, что как по качеству, так и по скорости работы разработанная программа опережает аналоги. Был разработан инструмент, который предполагается встроить в разрабатываемую нашей научной группой платформу HiCT.

Список использованных источников

1. Pai D.A., Engelke D.R. Spatial organization of genes as a component of regulated expression // *Chromosoma*. – 2010. – Pp. 13–25.
2. Sivakumar A., Heras J.I., Schirmer E.C. Spatial Genome Organization: From Development to Disease // *Front Cell Dev Biol*. – 2019. – Pp. 7–18.
3. Lieberman A.E., Berkum N.L., Williams L. Comprehensive mapping of long-range interactions reveals folding principles of the human genome // *Science*. – 2009. – Т. 326. – №. 5950. – Pp. 289–293.
4. Belton J.M., McCord R.P., Gibcus J.H., Naumova N., Zhan Y., Dekker J. Hi C: a comprehensive technique to capture the conformation of genomes // *Methods*. – 2012. – Т. 58. – №. 3. – Pp. 268–276.
5. Xiaotao W. EagleC: A deep learning framework for detecting a full range of structural variations from bulk and single cell contact maps // *Science Advances*. – 2022. – Т.8. – №. 54. DOI: 10.1126/sciadv.abn9215.

Выпускник

Дубинина Полина Максимовна

институт международного развития и партнерства

e-mail: p.m.dubinina@gmail.ru

Научный руководитель

Денисова Дарья Алексеевна

доцент практики института международного развития и партнерства, директор центра научной коммуникации

e-mail: daria.denisova@itmo.ru

УДК 658.512.4

БИЗНЕС-ТЕЗИС "MY VOICE": КОММУНИКАЦИОННАЯ СТРАТЕГИЯ РАЗВИТИЯ ДИАЛОГОВОГО СУРДОПЕРЕВОДЧИКА ДЛЯ ПОМОЩИ В ВЕДЕНИИ ДИАЛОГА МЕЖДУ ГЛУХИМИ И СЛЫШАЩИМИ ЛЮДЬМИ

Работа выполнена в рамках темы НИР № 622266 «Наука и технологии для человека: проблематизация доверия через междисциплинарные и креативные практики».

Ключевые слова

Коммуникационная стратегия, стартап, искусственный интеллект, жестовый язык, каналы дистрибуции.

Цели и задачи

Проект «My Voice» – стартап студентов НИУ «ИТМО», нацеленный на решение проблемы в коммуникации между людьми, общающимися на жестовом языке и говорящими вербально, с помощью разработки устройства, осуществляющего перевод жестового языка и синтезирующий речь в текст. На апрель 2024 года проект находится в стадии разработки: получен патент на основную программную часть (нейросеть, обеспечивающая перевод с помощью захвата координат точек руки), поданы заявки на регистрацию базы данных и доработанной модели во ФСИС, проведены необходимые анализы рынка, пользовательского опыта, разработаны финансовая и бизнес-модели, составлен маркетинговый план, нацеленный на создание каналов реализации, в которых ключевым покупателем является государство. Однако после консультаций с экспертами было выяснено, что такой план сопряжен рядом рисков, связанных с тяжелым характером налаживания сотрудничества с таким клиентом. Было принято решение о создании альтернативной стратегии, которая позволит получить проекту иные каналы дистрибуции.

Цель данной выпускной квалификационной работы: сформулировать коммуникационную стратегию проекта «My Voice» для этапов разработки и внедрения. Для ее достижения выдвинуты следующие задачи:

1. Провести теоретический и эмпирический анализ вопроса использования каналов связи российскими стартапами в сфере ИИ, находящимися на стадии разработки или внедрения.
2. Составить обзор практик использования каналов коммуникации коммерческих проектов в сфере ИИ в зависимости от этапов разработки жизненного цикла продукта.
3. Создать модель коммуникационной стратегии проекта «My Voice» для этапов разработки и внедрения.
4. Сформулировать теоретическое обоснование постановки целей в коммуникационных стратегиях.
5. Сформировать цели коммуникационной стратегии проекта «My Voice» в зависимости от имеющихся результатов.

Данная выпускная квалификационная работа представит всесторонний анализ и разработку коммуникационной стратегии для стартапа «My Voice», что способствует как теоретическому осмыслению данной проблемы, так и практическому применению полученных результатов.

Основная часть (методология, результаты)

Для выбора каналов коммуникаций для стартапа «My Voice» были проведены теоретический и эмпирический анализы. Первый показал, что для стадии разработки основными коммуникационными целями могут являться: повышение осведомленности определенных стейкхолдеров о продукте, привлечение инвестиций и выстраивание отношений с командой разработки. Для их достижения подходят следующие каналы [3]: социальные медиа, блоги и контент-маркетинг, e-mail маркетинг, веб-сайт и его поисковая оптимизация, контекстная реклама, прямые продажи и партнерство, создание полезной нетворкинг базы, участие в отраслевых мероприятиях и конференциях.

На этапе внедрения стартапы стремятся привлечь первых клиентов и установить свою позицию на рынке. Ключевые коммуникационные каналы, используемые на данном этапе [2]: социальные медиа, контент-маркетинг, e-mail маркетинг, контекстная реклама, прямые продажи и промо-акции, участие в отраслевых мероприятиях и выставках, SEO-оптимизация собственного сайта.

В рамках эмпирического анализа рассмотрены два вопроса: какие маркетинговые каналы используются исследуемыми проектами, какова зависимость между используемыми каналами и финансовой эффективностью исследуемых проектов. Для выявления набора наиболее часто используемых коммуникационных каналов коммерческих проектов в сфере ИИ, находящихся на стадиях разработки и внедрения был выбран бальный метод анализа данных. С помощью выявления корреляционной зависимости коэффициентом Пирсона, значение которого найдено с помощью функции «КОРРЕЛ» в программном обеспечении «MS Excel», дан ответ на второй вопрос. Для исследования выявлены критерии, которым должен соответствовать рассматриваемый коммерческий проект.

Согласно результатам первого анализа можно сказать, что самый распространенный канал – участие в не собственных оффлайн-мероприятиях. Данная картина наблюдается по причине того, что рассматриваемые проекты связаны с фондом Сколково [1]: они получают финансовую поддержку и/или являлись частью акселерационных программ, обязательным условием которых было выступление на подобных событиях. Вторыми по популярности маркетинговыми каналами предстают социальные сети и собственные сайты. Третьи – контекстная реклама в интернете. Далее являются размещение у блоггеров и партнерские проекты. Менее используемые каналы – это собственные блоги на своих площадках и собственные оффлайн мероприятия, такими способами коммуникации. Можно заключить, что тремя самыми распространенными маркетинговыми каналами российских проектов в сфере

искусственного интеллекта являются: участие в не собственных оффлайн-мероприятиях, социальные сети и собственные сайты.

Согласно проведенным вычислениям второго анализа, коэффициент Пирсона равен 0,5. Это говорит о том, что степень корреляции финансовой эффективности рассматриваемых проектов от количества используемых исследуемых маркетинговых каналов средняя. Такой результат мог быть получен по причине того, что область знаний проектов, искусственный интеллект, слабо влияет на выбор их коммуникационных стратегий. В данном случае более весомый вклад могут оказывать другие факторы.

На основе полученных результатов анализов и имеющихся данных использования маркетинговых каналов стартапом «My Voice» были выбраны коммуникационные каналы, которые будут использоваться для этапов разработки и внедрения: собственный сайт, телеграм-канал, грантовые конкурсы, акселераторы с возможностью получения финансирования, предпринимательские конкурсы, отраслевые конференции в сфере ИИ, публикации в СМИ. Сформулированы цели и задачи для их достижения, а также для каждого канала даны детальные описания контента.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

Предложенная коммуникационная стратегия не только способствует теоретическому осмыслению проблем коммуникации для стартапов в сфере ИИ, но и имеет практическое значение. Ее применение позволит стартапу «My Voice» эффективно взаимодействовать с различными целевыми аудиториями, что в итоге приведет к успешному внедрению продукта на рынок и его дальнейшему развитию.

Важно отметить, что данный исследовательский проект также открыл новые направления для дальнейших исследований. В частности, изучение эффективности инструментов и каналов коммуникации на различных этапах жизненного цикла продукта, а также анализ влияния внешних факторов на успешность коммуникационных стратегий. Эти аспекты могут стать предметом дальнейших исследований и внести дополнительный вклад в развитие теории и практики маркетинговых коммуникаций в сфере ИИ.

Список использованных источников

1. Каталог участников проекта "Сколково". [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://navigator.sk.ru/?q=N4IgZiBcoC4IYHMDOB9GBPADgUyiA9gE4gA0IAloQDZShiH4C2epIM%2BLAvmY9beA2aQQrdlzIw%2B0AUxYSOwkNxBIArgCNG5GAGF8qgHYwoARjIBjJpjpgH0KQtgBu2A6tzT6sxfPEhzUukE5NgURTmUkPABaRmxGdWxCFCRyA3NcMkxTTiA> (дата обращения: 04.04.2024).
2. Поскочина О.Г. Особенности формирования коммуникационных стратегий производственных компаний // *Управленческое консультирование*. – 2014. – №. 12 (72). – С. 52–57.
3. Фаттахов Х.И., Силенов М.А. Подходы и методы управления жизненным циклом продуктов и услуг в цифровой экономике // *Организатор производства*. – 2021. – №. 4. – С. 154–164.

Выпускник

Дубровина Маргарита Дмитриевна

факультет технологического менеджмента и инноваций

email: margarita.ogolyar123@gmail.com

Научный руководитель

Максимова Татьяна Геннадьевна

д.э.н., профессор факультета инфокоммуникационных технологий

e-mail: tgmaximova@itmo.ru

УДК 338.242.2

ФОРМИРОВАНИЕ ESG-РЕЙТИНГА КОМПАНИЙ НЕФИНАНСОВОГО СЕКТОРА НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ДИВЕРГЕНЦИИ СУЩЕСТВУЮЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ

Ключевые слова

Устойчивое развитие, ESG-оценка бизнеса, ESG-рейтинг, дивергенция ESG-оценок, гармонизация оценки устойчивости бизнеса.

Цели и задачи

Целью выпускной квалификационной работы является разработка научно-методического подхода к снижению дивергенции ESG-оценок российских нефинансовых компаний.

Задачи, решаемые в ВКР:

1. Изучить сущность ESG-концепции в России и мире и проследить их развитие в динамике.
2. Рассмотреть способы оценки устойчивости бизнеса.
3. Проанализировать тренды и вызовы оценки бизнеса с помощью такого инструмента оценки устойчивости как ESG-рейтинг.
4. Изучить существующую литературу, анализирующую проблему расхождения ESG-рейтингов и определить выявленные причины расхождения.
5. Провести анализ расхождения оценок российских ESG-агентств для нефинансовых компаний.
6. Сформировать собственный ESG-рейтинг на основе методологии, предложенной Банком России.
7. Проанализировать результаты дивергенции и качественного анализа отчетности.
8. Дать рекомендации по снижению расхождения оценок устойчивости для российских нефинансовых компаний.

Основная часть (методология, результаты)

В ходе анализа расхождений в оценках существующих ESG-агентств были выбраны российские ESG-агентства: АК&М, «Эксперт РА», Национальное рейтинговое агентство – НРА как наиболее крупные агентства со значительным количеством бизнеса, прошедшего

оценку по их методологии. Также были отобраны оцениваемые ими компании для дальнейшего исследования – 34 российские нефинансовые компании, которые в 2023 году прошли оценку устойчивости во всех обозначенных агентствах.

Проведено сравнение методологий с использованием как качественных, так и количественных методов. Использованным качественным методом являлся контент-анализ методологий, а также нефинансовых отчетов устойчивости компаний. Количественно были подсчитаны схожие критерии оценки для агентств. Было проведено корреляционное сравнение оценок одних и тех же компаний различными ESG-агентствами для выявления дивергенции. Было решено применить критерий Краскела-Уоллиса, предназначенный для проверки равенства медиан нескольких выборок. Критерий продемонстрировал незначительное сходство оценок, 0,368. Однако данный показатель соотносится с результатами международных исследований дивергенции оценок устойчивости бизнеса различными рейтинговыми агентствами [1, 2, 3].

Далее был сформирован датасет первичных ESG-показателей компаний: для каждой компании в нефинансовой отчетности были найдены первичные количественные или качественные показатели (около 85 экологических и социальных показателей для каждой из компаний) и оценены по Методологии гармонизации ESG-рейтингов, предложенной Банком России [4]. После формирования собственной оценки было проведено корреляционное сравнение с уже существующими оценками устойчивости. Корреляция как между ESG-рейтингами, так и с предложенным набором показателей по методологии Банка России оказалось невысокой от 0,27 до 0,45. Такая корреляция сопоставима с результатами международных исследований, проведенных без разделения компаний по отраслям. Результаты корреляционного анализа представлены в таблице.

Таблица. Результаты корреляционного анализа ESG-рейтингов

		НРА		Эксперт РА		АК&М	
		По баллам	По рэнкингу	По баллам	По рэнкингу	По баллам	По рэнкингу
ЦБ	По баллам	0,441		0,401		0,289	
	По рэнкингу		0,428		0,452		0,276

По результатам анализа были даны рекомендации как для ESG-агентств, так и для компаний, которые планируют получать оценку устойчивости. С помощью предложенных рекомендаций участники российского рынка смогут при составлении методологии оценки и отчетности увеличить прозрачность предоставляемой информации и снизить расхождение ESG-рейтингов.

1. Стандартизация методологий. Эта рекомендация может включать в себя разработку общепринятых метрик и стандартов оценки, которые будут применяться всеми агентствами.

2. Улучшение доступности и качества данных, представленных в ESG-отчетности. Для более точной и объективной оценки компаний по критериям ESG необходимо улучшить доступность и качество данных, касающихся практик бизнеса в области окружающей среды, социальной ответственности и управления. На данный момент при составлении отчетности бизнес опирается на сложившийся опыт, бенчмарк компаний из своей отрасли, а также профессиональные знания сотрудников.

3. Обучение и сертификация ESG-специалистов как аналитиков агентств, так и сотрудников бизнеса.

4. Прозрачность деятельности со стороны ESG-агентств. На данный момент все крупные агентства открыто делятся собственными методологиями оценки устойчивости, выносят их на публичные слушания и доработки. Поэтому можно предположить, что работа в направлении увеличения прозрачности идет уже сейчас.

5. Участие заинтересованных сторон. Сейчас сами компании стали проводить ежегодный опрос заинтересованных сторон для выявления «значимых тем» для раскрытия.

Однако в процесс ESG-оценки инвесторы, компании, правительства и неправительственные организации не включены вовсе.

6. Независимая верификация. Можно предположить, что компании пока не готовы к верификации, так как только начали замерять и публиковать показатели устойчивости, и со временем мы увидим больше независимых оценок данных. Введение независимых механизмов верификации оценок ESG рейтингов может помочь подтвердить их объективность и достоверность.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В ходе исследования была подтверждена гипотеза о низкой корреляции существующих ESG-оценок бизнеса между собой, что на данный момент типично и для международного рынка. Описаны проблемы как оценки со стороны агентств, так и со стороны публикующих отчетность компаний.

По результатам анализа были даны рекомендации как для ESG-агентств, так и для компаний, которые планируют получать оценку устойчивости. С помощью предложенных рекомендаций участники российского рынка смогут при составлении методологии оценки и отчетности увеличить прозрачность предоставляемой информации и снизить расхождение ESG-рейтингов.

При продолжении работы над исследованием возможно проведение эксперимента по внедрению рекомендации на примере нескольких российских компаний и оценке изменений. Также возможно преодолеть одно из ограничений исследований – отсутствие доступа к части закрытой информации о процессе ESG-оценки со стороны агентства.

Список использованных источников

1. Chatterji A.K. et al. Do ratings of firms converge? Implications for managers, investors and strategy researchers // *Strategic Management Journal*. – 2016. – Т. 37. – №. 8. – Pp. 1597–1614.
2. Berg F., Koelbel J. F., Rigobon R. Aggregate confusion: The divergence of ESG ratings // *Review of Finance*. – 2022. – Т. 26. – №. 6. – Pp. 1315–1344.
3. Dimson E., Marsh P., Staunton M. Divergent ESG ratings // *The Journal of Portfolio Management*. – 2020. – Т. 47. – №. 1. – Pp. 75–87.
4. Модельная методология ESG-рейтингов. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.cbr.ru/Content/Document/File/144085/Consultation_Paper_17012023.pdf (дата обращения: 20.05.2023).

Выпускник

Душкина Александра Андреевна
институт международного развития и партнерства
e-mail: sandra.dushkina@mail.ru

Научный руководитель

Казаринова Надежда Васильевна
доцент, к.филос.н., старший преподаватель института международного развития и партнерства
e-mail: nvkazarinova@mail.ru

УДК 087.5

**КОСМОС. ИНТЕРАКТИВНЫЕ ПРИКЛЮЧЕНИЯ: ПРОЕКТ
ПОЗНАВАТЕЛЬНОГО КОМИКСА ДЛЯ ДЕТЕЙ МЛАДШЕГО
ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА**

Ключевые слова

Научно-познавательный комикс, дети, любознательность, любопытство, воображение, познание.

Цели и задачи

Целью работы является демонстрация возможностей жанра комикса в сфере образования как эффективного инструмента развития познавательного интереса и научного воображения у младших школьников. В рамках задач описаны психологические процессы восприятия, воображения, любознательности и любопытства как когнитивных феноменов научно-познавательного интереса; определены научно-популярные комиксы как вид литературного жанра; проведен сравнительный анализ опубликованных русскоязычных и англоязычных научных комиксов о космосе для детей; разработан авторский научно-познавательный комикс для детей «Космос. Интерактивные приключения». В работе представлены эмпирические данные, полученные в результате опроса взрослой аудитории с целью получения информации о содержании социальных представлений и чувственных ощущений, возникающих в связи с темой «космос».

Основная часть (методология, результаты)

Исследование роли воображения и любознательности в развитии познавательного интереса детей основывается на теоретической рамке, предложенной когнитивными психологами и социологами, среди которых центральное место занимает системно-информационный подход Л.М. Веккера. Данный подход рассматривает познавательные

процессы как сложные ментальные операции, посредством которых человек воспринимает, обрабатывает и использует информацию из внешнего и внутреннего мира. Веккер выделяет две категории психических процессов: собственно когнитивные и сквозные, объединенные осью психического времени [1].

Воображение, по Веккеру, направлено на будущее и противоположно памяти, обращенной к прошлому. В.В. Петухов концептуализирует воображение как процесс преобразования реальности или представления о ней, выделяя его отношения с восприятием и мышлением [3]. Дж. А. Госетти-Ференчи различает пять режимов воображения, включая внутреннее и конкретное воображение, гипотетическое мышление, притворство и творческую способность.

Любопытство и любознательность, как мотивационные установки, играют ключевую роль в развитии познавательного интереса. Любопытство связано с желанием узнавать и исследовать без определенной цели, тогда как любознательность направлена на получение полезных знаний и обучение. Исследования показывают, что общее любопытство способствует взаимопониманию и коллективному согласию, тогда как депривационное любопытство может привести к интеллектуальному высокомерию и отрицательным формам поведения [2].

Научно-популярные комиксы представляют собой мощный инструмент для развития познавательного интереса у детей. Визуальная привлекательность, интерактивные элементы и увлекательные сюжеты делают процесс обучения интересным и доступным. Комиксы стимулируют воображение, критическое мышление и развитие интереса к науке. Использование комиксов в образовательной практике может значительно повысить уровень научной грамотности и интереса к науке среди подрастающего поколения.

Работа над теоретическими концепциями позволила сформулировать одну из центральных особенностей авторского комикса: важности чувственного познания и процесса исследования. Проведен анализ русскоязычных и англоязычных рынков, проведен опрос для прояснения социальных представлений и доминирующих ассоциаций о космосе у взрослых людей, создан комикс «Космос. Интерактивные приключения» с авторскими иллюстрациями. Практическая значимость данного исследования заключается в возможности применения его результатов в образовательной практике.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В ходе работы были рассмотрены уже существующие и изданные как англоязычные, так и русскоязычные научно-познавательные комиксы для детей. Также придуман и создан сценарий, герои и визуальный ряд комикса. Объем готового комикса составляет 54 страницы.

Перспектива развития проекта – не ограничиваться только космической сферой. Герои первого выпуска продолжают свои путешествия в область антропологии, химии, геологии и других сфер научного знания, продолжая тем самым популяризировать науку среди детской аудитории. Основное метапослание, предлагаемое автором проекта, можно сформулировать следующим образом: наука – это захватывающее приключение, в котором может принять участие любой. Знания перестают ассоциироваться со скукой, поскольку в научных комиксах наука предстает как волшебный мир, в котором открываются неизвестные, невиданные стороны жизни.

Список использованных источников

1. Веккер Л.М. Психика и реальность: единая теория психических процессов. М.: Смысл, 1998. – 167 с.
2. Логинова Н.А., Осорина М.В., Холодная М.А., Чередникова Т.В. и др. Единая теория психических процессов Л.М. Веккера в современной психологии (к 100-летию со дня рождения). Психологический журнал. – 2018. – Т. 39. – №. 6. – С. 137–148; 141–142.
3. Петухов В.В. Основные определения собственно познавательных и универсальных психических процессов. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.psychology-online.net/articles/doc-409.html> (дата обращения: 31.05.2024).

Выпускник

Елистратова Анастасия Романовна
факультет экотехнологий
e-mail: notintou@inbox.ru

Научный руководитель

Румянцева Ольга Николаевна
к.т.н, доцент факультета экотехнологий
e-mail: rumiantseva@mail.ru

УДК 621.565.92

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ХОЛОДИЛЬНУЮ ОТРАСЛЬ

Ключевые слова

Экологическая эффективность, низкотемпературные технологии, энергоэффективность, озоновый слой, хладагенты, промышленная безопасность.

Цели и задачи

Цель исследования – разработать перечень мероприятий по повышению экологической и экономической эффективности холодильных машин на предприятии общественного питания.

Исследовательские **задачи** охватывают следующее:

1. Провести литературный обзор экологических и энергетических проблем в холодильной отрасли.
2. Найти перспективные низкотемпературные технологии.
3. На месте прохождения практики провести исследование имеющихся холодильных установок, их энергопотребления и используемых хладагентов.
4. Разработать для предприятия перечень мероприятий по повышению экологической и энергетической эффективности работы холодильных машин.

Основная часть (методология, результаты)

В структуре этого исследования применены разнообразные методы: от теоретических, таких как анализ и прогнозирование, до практических, включающих эксперименты, наблюдения и метод сравнения.

Для достижения поставленных целей и верификации исходных посылок применен целый спектр методов исследования:

- на обобщающем уровне использовались системный анализ и обобщение;
- на уровне конкретно–научного исследования– теоретический разбор литературных данные, анализ предшествующих исследований, измерения и практические эксперименты.

В результате данного исследования была обнаружена возможность значительного улучшения как экологических, так и экономических параметров работы холодильных систем на предприятиях пищевой промышленности за счет корректировки среднетемпературного режима хранения замороженной продукции, что наиболее эффективно при использовании в комбинации с другими методами энергосбережения.

Структура выпускной квалификационной работы организована следующим образом:

1. Вводная часть, где определены ключевые направления работы.
2. Три основные главы.
3. Заключение и подробно проработанный список использованных источников.

Первая глава посвящена анализу проблематики и обзору современных подходов к заморозке и хранению продукции. Также здесь описываются характеристики применяемых холодильных систем.

Во второй главе описывается предприятие, выбранное для проведения практического исследования и методы, применявшиеся при экологическом анализе.

Третья глава содержит выводы, сделанные на основе экологического аудита, и предложения по оптимизации работы холодильного оборудования с целью улучшения их энергоэффективности на конкретном исследуемом предприятии.

Научная новизна заключается в комплексном исследовании экологических факторов применения холодильных установок на предприятии пищевой промышленности. Исследованы новые способы повышения энергоэффективности и предложены пути снижения вклада в глобальные экологические проблемы холодильных систем пищевого предприятия.

Решаемой проблемой будет вклад холодильных установок на предприятии общественного питания в глобальные экологические проблемы.

Объектом исследования являются низкотемпературные установки на пищевых предприятиях, а предметом – методы повышения их экологической и энергетической эффективности.

В ходе настоящего исследования было выявлено, что повышение среднеобъемной температуры хранения замороженных продуктов поможет существенно увеличить экологическую и экономическую эффективность холодильных установок на пищевых предприятиях, особенно если данное решение будет использоваться в связке с другими методами повышения энергоэффективности. Также для предприятия ООО "Обедов" были разработаны мероприятия по повышению эффективности холодильных установок, включающие в себя замену моноблока и переход на природные хладагенты. Наиболее эффективным решением оказалось замена моноблока и хранение при более высокой температуре одновременно.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В результате исследования в рамках выпускной квалификационной работы был проведен анализ имеющихся литературных источников, касающихся экологических и энергетических аспектов деятельности в холодильной отрасли.

В результате было выявлено, что ключевыми негативными факторами для данной отрасли являются потребление электричества и использование хладагентов, неблагоприятно влияющих на озоновый слой Земли [1].

Был проведен обзор разнообразия морозильных агрегатов, методов хранения продуктов и технологий теплообменников, а также оценены способы повышения энергоэффективности систем охлаждения, включая совершенствование составных элементов (помпы, теплообменники, конденсаторы, системы оттаивания) и оптимизацию внешних условий, например, коррекцию температур замерзания и улучшение утепления помещений [2].

Выполнен анализ вопроса о хладагентах, рассмотрены их история и классификация, и выделены основные типы. Отмечено, что 15 октября 2016 года была одобрена Кигалийская

поправка к Монреальскому протоколу на XXVIII Сессии Сторон, суть которой заключается в планомерном уменьшении производства и потребления гидрофторуглеродов. Принимая во внимание, что и Россия подписалась под поправкой, холодильная отрасль страны оказалась в позиции пошагового отказа от ГФУ [3].

Опираясь на заключения первой части диплома, была сформирована конкретная цель и задачи для исследования.

Во время производственной практики в ООО «Обедов», был проведен анализ функционирования холодильных систем столовой № 26 на ТФЗ, определены параметры их энергопотребления и используемые хладагенты. В ходе исследования было установлено нерациональное использование электричества и недостаточная эффективность работы низкотемпературного моноблока в мясном цехе.

Для компании были разработаны три варианта улучшения: обновление моноблока на модель с использованием менее вредного хладагента, увеличение температуры хранения замороженной продукции до -15°C и переход на натуральные хладагенты.

Первый вариант включал подбор моноблока низкой температуры, который соответствует всем необходимым требованиям и функционирует на R404a, более экологичном по сравнению с R22. В результате ABC-анализа выбрана оптимальная модель среди предложенных альтернатив.

В контексте второго варианта проанализирована глобальная инициатива по снижению температуры хранения до минус 15 градусов и проведен опыт, который показал экономию энергии на уровне 10,9% в сравнении с традиционной температурой хранения [4].

Третий вариант включал изучение естественных хладагентов, где в качестве наилучшего варианта была выделена углекислота [5]. У производителя был запрошен расчет CO₂ системы охлаждения для нужд предприятия.

По результатам исследования наиболее выгодным вариантом стала комбинация замены моноблока и увеличение температуры хранения продукции. Однако в настоящее время из-за законодательных ограничений выполнить увеличение температуры сразу невозможно.

Список использованных источников

1. Бараненко А.В. Холод в глобальном мире // Холодильная техника. – 2013. – № 3. – С. 4–9.
2. Холодильные машины / А.В. Бараненко, Н.Н. Бухарин, В.И. Пекарев, Л.С. Тимофеевский; под ред. Л.С. Тимофеевского. – СПб: Политехника, 2006. – 944 с.
3. Справочник по международным договорам по охране озонового слоя: Венская конвенция (1985), Монреальский протокол (1987), Шестое издание (2003)–ISBN:92–807–2316. – ЮНЕП, 2003.
4. Dr Yosr A. Three Degrees of Change // Summary report & initial findings – Dubai: DP World, 2023. – Pp. 1–20.
5. Эколого–энергетические аспекты внедрения альтернативных хладагентов в холодильной технике / Железный В.П., Жидков В. В.; – Донецк: Изд-во Донбасс, 1996. – 144 с.

Выпускник

Еремеева Мария Александровна
химико-биологический кластер
e-mail: eremeeva_maria@scamt-itmo.ru

Научный руководитель

Виноградов Владимир Валентинович
доктор химических наук, директор и профессор химико-биологического кластера
e-mail: vinogradov@scamt-itmo.ru

УДК 004.85

ГЕНЕРАТИВНЫЙ ДИЗАЙН НОВЫХ КАТАЛИТИЧЕСКИХ ЦЕНТРОВ РНК-РАСЩЕПЛЯЮЩИХ ДНКЗИМОВ

Ключевые слова

Дезоксирибозимы, машинное обучение, генеративный дизайн, ДНК катализ, веб-ресурс.

Цели и задачи

Дезоксирибозимы (ДНКзимы) представляют собой короткие одноцепочечные ДНК-последовательности, способные катализировать различные химические реакции, что делает их перспективными инструментами для биомедицинских приложений [1]. Однако, разработка новых каталитических ДНК требует большого количества времени и ресурсов ввиду использования комбинаторного подхода экспериментальной селекции [2]. В исследованиях нуклеиновых кислот в последнее время произошел сдвиг в сторону использования вычислительных методов, однако были предприняты лишь предварительные шаги в эту сторону [3]. Целью данной работы являлась разработка нового вычислительного подхода к генеративному дизайну каталитических центров ДНКзимов, расщепляющих РНК, с использованием методов машинного обучения и искусственного интеллекта, а также внедрение разработанного инструментария в виде доступного веб-ресурса.

Основная часть (методология, результаты)

Первоначальный этап работы включал формирование обширной базы данных существующих ДНКзимов. Была собрана коллекция из 1028 ДНКзимов с активностью расщепления РНК, полученных из 56 научных публикаций [4]. Однако, для значительной части этих ДНКзимов отсутствовали измеренные значения наблюдаемой константы скорости реакции (k_{obs}). В результате тщательного отбора были выделены 154 последовательности ДНК с известными значениями k_{obs} для дальнейшего анализа.

Далее было проведено сравнение различных подходов к цифровому представлению последовательностей ДНК. Различные способы репрезентации сравнивались в задаче прямого предсказания константы скорости исходя только из последовательности каталитического кода. Помимо уже существующих дескрипторов нами также был предложен новый способ описания, основанный на архитектуре сверточного автоэнкодера, который показал превосходство над существующими подходами.

Наилучшие результаты были получены при комбинации дескрипторов, основанных на автоэнкодере и k-мерах, достигнув $Q^2 = 0,33$. Вектор из скрытого пространства автоэнкодера эффективно отражал физико-химические свойства нуклеотидов, в то время как k-меры дополнительно учитывали позиционную информацию.

Для устранения дисбаланса данных в сторону активных последовательностей были добавлены 188 ДНКзимов, не проявляющих РНК-расщепляющей активности. Для учета концентрационных и температурных зависимостей константы для 16 ДНКзимов были доступны графические данные, отражающие зависимость k_{obs} от параметров буфера. Эта информация была оцифрована и закодирована, что позволило получить дополнительные 207 образцов.

В итоговый набор данных вошло 549 систем, описанных 71 параметром. Среди этих параметров были дескрипторы автоэнкодера, k-меры, физико-химические характеристики металла-кофактора, а также концентрации наиболее важных компонентов буфера. При сравнении различных моделей машинного обучения наилучшие результаты показала LightGBM, достигнув $Q^2 = 0,93$ и $R^2 = 0,97$ на тестовом наборе (рисунок). Анализ важности признаков выявил ключевую роль таких факторов, как концентрация кофактора, pH, ионная сила и температура, что согласуется с общепринятым знанием.

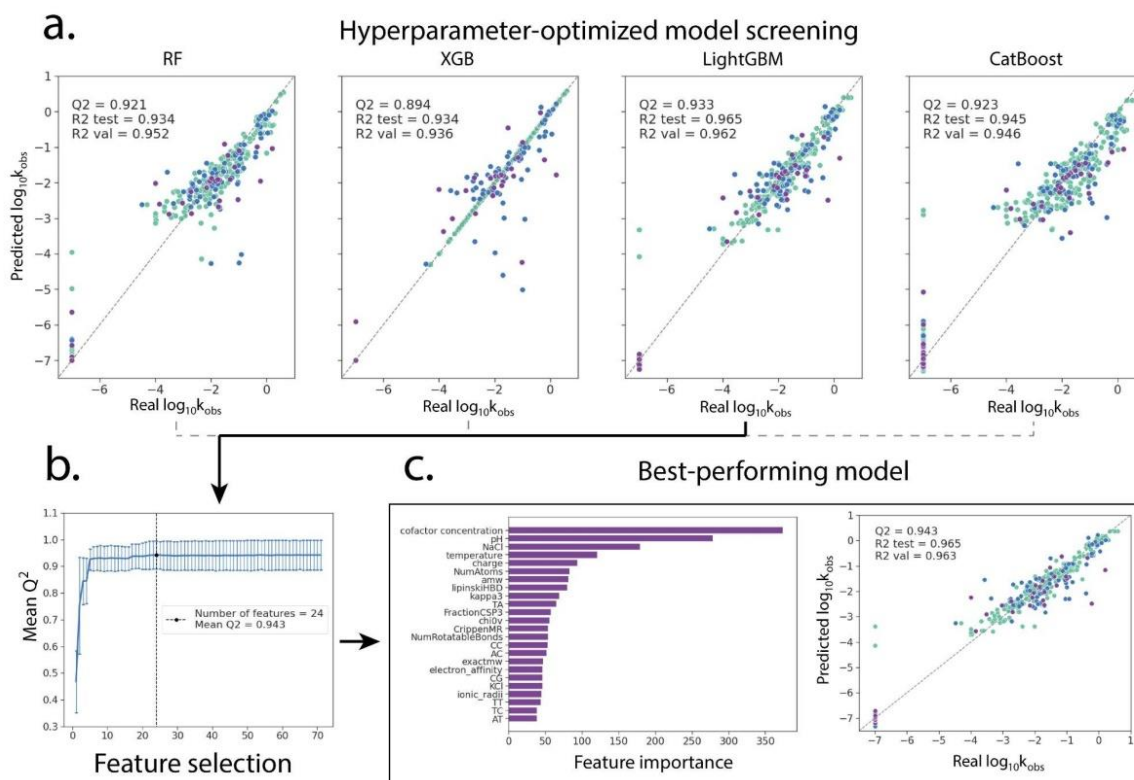


Рисунок. Разработка наиболее эффективной модели машинного обучения: а) проверка алгоритмов, с оптимизированными гиперпараметрами, б) выбор функций с помощью RFE, в) важность признаков для наиболее эффективной модели LightGBM и график реальных и предсказанных значений для наиболее эффективной модели LightGBM

Для направленного поиска последовательностей с улучшенной активностью был применён генетический алгоритм, использующий разработанную ранее предиктивную модель в качестве функции приспособленности. Это позволило сгенерировать последовательности с максимальной константой скорости $0,015 \text{ мин}^{-1}$, что на 20% превосходит известные высокоактивные ДНКзимы в физиологических условиях. Анализ полученных последовательностей выявил консервативные области, отличающиеся от ранее описанных мотивов.

Результаты работы реализованы в виде открытого веб-ресурса SequenceCraft (<https://sequencecraft.aicidlab.itmo.ru/>), предоставляющего ученым-экспериментаторам инструменты для прогнозирования и анализа ДНКзимов. Веб-ресурс включает базу данных, детально документирующую все используемые в работе образцы, а также интерфейс для прямого использования разработанной модели прогнозирования константы скорости реакции. Пользователи могут вводить последовательности ДНК, условия буферного раствора и получать оценку активности в заданных условиях, а также анализировать вторичную структуру предлагаемых кандидатов.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В ходе данной работы был разработан комплексный вычислительный подход к рациональному проектированию каталитически активных ДНК. Ключевым результатом стало создание высокопроизводительной модели машинного обучения на основе алгоритма LightGBM, прогнозирующая $\lg(k_{\text{obs}})$ с $Q^2 = 0,93$ и $\text{RMSE} = 0,52$, то есть способная оценивать k_{obs} с ошибкой $1/3$ порядка в широком диапазоне от $0,0001$ до $1,7 \text{ мин}^{-1}$. Особое внимание было уделено новым способам представления последовательностей ДНК, включая оригинальные дескрипторы на основе автоэнкодера, продемонстрировавшие превосходную предсказательную способность. Разработанный генетический алгоритм позволил сгенерировать более эффективные ДНКзимы. Результаты работы были реализованы в виде открытой платформы SequenceCraft, предоставляющей ученым со всего мира инструменты для анализа и оптимизации каталитических центров ДНКзимов.

Дальнейшее развитие проекта может включать экспериментальную валидацию сгенерированных последовательностей, расширение базы данных, интеграцию более продвинутых моделей и реализацию функций генеративного дизайна непосредственно в веб-интерфейсе SequenceCraft, открывая новые перспективы для рационального конструирования ДНК-катализаторов с улучшенными характеристиками.

Список использованных источников

1. Hollenstein M. DNA catalysis: the chemical repertoire of DNAszymes // *Molecules*. – 2015. – Т. 20. – №. 11. – Pp. 20777–20804.
2. Breaker R.R., Joyce G.F. A DNA enzyme that cleaves RNA // *Chemistry & biology*. – 1994. – Т. 1. – №. 4. – Pp. 223–229.
3. Mohammadi-Arani R. et al. DNAszymeBuilder, a web application for in situ generation of RNA/DNA-cleaving deoxyribozymes // *Nucleic Acids Research*. – 2022. – Т. 50. – №. W1. – Pp. W261–W265.
4. Ponce-Salvatierra A., Boccaletto P., Bujnicki J.M. DNAmoreDB, a database of DNAszymes // *Nucleic Acids Research*. – 2021. – Т. 49. – №. D1. – Pp. D76–D81.

Выпускник

Ермаченкова Маргарита Кареновна
институт прикладных компьютерных наук
e-mail: ermachenkova.rita@mail.ru

Научный руководитель

Ботов Дмитрий Сергеевич
к.т.н., доцент института прикладных компьютерных наук
e-mail: dmbotov@itmo.ru

УДК 004.8

БИЗНЕС-ТЕЗИС “HIREMENOW”: РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БОЛЬШИХ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ СЕРВИСА РАЗВИТИЯ И ОЦЕНКИ КОМПЕТЕНЦИЙ

Ключевые слова

Автоматическая система оценки знаний, большие языковые модели, развитие и оценка компетенций, искусственный интеллект, оценка навыков, HR-Tech.

Цели и задачи

Разработать систему оценки на базе искусственного интеллекта для оптимизации и автоматизации процесса верификации уровня знаний и компетенций кандидатов, улучшив тем самым качество и скорость найма, а также значительно сокращая затраты компаний на эти процессы.

Основная часть (методология, результаты)

Современный рынок труда характеризуется быстрым внедрением технологий, что требует от компаний не только ускорения процессов найма, но и повышения их эффективности и объективности [1]. В этом контексте особенно востребованными становятся решения, основанные на использовании больших данных и искусственного интеллекта, которые могут обеспечить более глубокий и всесторонний анализ компетенций кандидатов.

В рамках выпускной квалификационной работы была разработана интеллектуальная система для автоматической оценки компетенций соискателей, нацеленная на использование в быстрорастущих ИТ-стартапах. Это исследование стало ответом на возрастающую потребность в эффективных инструментах для подбора и оценки персонала, которые могут существенно ускорить и упростить процесс найма, делая его более объективным и менее затратным.

Проект начался с формулировки и проверки продуктовой гипотезы: фаундеры ИТ-стартапов готовы платить за автоматическую систему оценки навыков соискателей. Для проверки гипотезы были организованы проблемные интервью с основателями стартапов, что позволило уточнить их потребности и ожидания от такого рода сервисов. Кроме того, был проведен тщательный анализ рынка растущих ИТ-стартапов и существующих решений для оценки персонала, что включало сбор и анализ статистических данных, изучение отчетов и публикаций, связанных с HR-технологиями [2].

На основе данных интервью и анализа рынка было сформировано уникальное ценностное предложение. Оно учитывало специфику и потребности стартапов, стремящихся максимально эффективно использовать свои ресурсы при оценке и подборе кадров. Были выделены ключевые функциональные требования к системе, такие как возможность интеграции с существующими HR-платформами, удобство использования, масштабируемость и высокая точность оценок.

Прототип сервиса был разработан с применением современных технологий машинного обучения и больших языковых моделей. Система позволяла проводить текстовые опросы для оценки компетенций соискателей с автоматическим анализом ответов и подготовкой заключения о пригодности кандидата для заявленной вакансии.

Проведение экспериментов для тестирования и валидации разработанного прототипа было направлено на оценку его эффективности и точности. Тестирование проводилось на группе соискателей, где использование системы сопоставлялось с традиционными методами оценки. Результаты показали, что сервис обеспечивает высокую степень согласованности оценок с мнениями экспертов, при этом значительно ускоряя процесс оценки и снижая его стоимость.

Исследование подтвердило коммерческую жизнеспособность и рыночный потенциал разработанной системы. Первичный интерес со стороны инвесторов и положительные отзывы от компаний-пользователей прототипа подтвердили возможности его дальнейшей коммерциализации и масштабирования. В дальнейших планах — расширение функционала системы, углубление интеграции с другими HR-платформами и адаптация под различные рыночные условия.

В итоге проект демонстрирует значительные перспективы для изменения подходов к подбору и оценке персонала в секторе ИТ-стартапов, предоставляя новые возможности для улучшения качества и эффективности HR-процессов.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В ходе работы был проведен комплекс исследований, позволяющий оценить перспективы рынка оценки навыков, который демонстрирует стабильный рост на уровне 12,5% годовых и оценивается в 2,3 миллиарда долларов. После анализа более 60 интервью и формулирования четырех гипотез была выбрана наиболее перспективная из них. Исследование целевой аудитории конкурентов, чьи доходы варьируются от 1,7 до 30 миллионов долларов с LTV от 3 до 11 тысяч долларов, показало благоприятные условия на рынке. Целевой аудиторией были определены быстро развивающиеся компании на стадии А, для которых предлагаемое решение может значительно сэкономить до 7,5 тысяч долларов. Созданная микросервисная архитектура и прототип решения, успешно протестированные с разницей в оценках с экспертами всего в 2%, подтвердили его эффективность. Рассчитанные показатели юнит-экономики, такие как соотношение LTV/CAC равное 4,8 и индекс ROMI — 3,8, подчеркнули финансовую устойчивость проекта. Получены шесть предварительных заявок на проведение пилотных проектов. Определена необходимость в первоначальных инвестициях в размере 65 тысяч долларов, для чего разработано предложение для инвесторов, включая гранты и бизнес-ангелов.

Список использованных источников

1. Будущее оценки персонала. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ecopsy.ru/insights/rezultaty-issledovaniya-budushchee-otsenkipersonala/> (дата обращения: 25.06.2024).
2. Как искусственный интеллект меняет HR. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ecopsy.ru/insights/kak-iskusstvennyu-intellekt-menyayet-hr/> (дата обращения: 25.06.2024).

Выпускник

Жанаева Айзада Ускенбайкызы

факультет технологического менеджмента и инноваций

e-mail: aizzhanayeva@gmail.com

Научный руководитель

Сергеева Ирина Григорьевна

д.э.н., профессор факультета технологического менеджмента и инноваций

e-mail: igsergeeva@itmo.ru

УДК 65.01

**ОЦЕНКА РИСКОВ И ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРЕДПРИЯТИЙ
ДЛЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ИНТЕГРИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ
МЕНЕДЖМЕНТА**

Ключевые слова

Интегрированная система менеджмента, риск, возможность, матрица для оценки рисков, вероятность, неопределенность, последствия, время влияния.

Цели и задачи

Управление рисками и возможностями для совершенствования интегрированной системы менеджмента предприятий является целью работы. Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи:

- 1) исследовать теоретические аспекты оценки рисков и возможностей;
- 2) проанализировать существующие методы оценки рисков и возможностей;
- 3) разработать критерии оценки рисков и возможностей для предприятий;
- 4) построить матрицу для оценки рисков и возможностей;
- 5) разработать инструкцию по управлению рисками и возможностями.

Основная часть (методология, результаты)

В современном быстро меняющемся и конкурентном бизнес-ландшафте, организации сталкиваются с неизбежной неопределенностью, которая как приносит новые перспективы, так и сопряжена с потенциальными рисками. Поддержание эффективной деятельности предприятий в таком контексте требует эффективного управления рисками.

Риск – влияние неопределенности на цели [1]. Оценка риска играет ключевую роль в интегрированной системе менеджмента, предоставляя понимание угроз, анализ последствий и выбор эффективных стратегий управления [2].

В работе для оценки рисков и возможностей используется метод светофорной матрицы [3]. Для сбора данных применяются методы SWOT-анализа, наблюдения, анкетирования и интервьюирования специалистов отрасли. Результаты:

- 1) разработаны критерии оценки рисков и возможностей для совершенствования интегрированной системы менеджмента на предприятиях, специализирующихся на производстве гофропродукции;
- 2) построена матрица вероятности и последствий с учетом времени влияния риска для более точной его оценки;
- 3) создана форма реестра рисков с использованием логических функций Microsoft Excel, позволяющая автоматизировано оценивать возможности предприятий;
- 4) разработана документированная процедура "Инструкция по идентификации, оценке и управлению рисками и возможностями", позволяющая эффективно применить рекомендации по оценке рисков и возможностей;
- 5) применение разработанных критериев и метода оценки рисков и возможностей в ТОО «KZ Recycling».

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

Результаты исследования выявили необходимость комплексного подхода к управлению рисками, включающего не только минимизацию потерь, но и активный поиск возможностей для улучшения бизнес-процессов. Разработаны и обоснованы теоретические и методологические основы оценки рисков и возможностей, что позволило создать применимые в практике управления предприятиями критерии и процедуры.

Разработанные критерии оценки рисков и возможностей, матрица вероятности и последствий, а также документированная процедура и инструкция по управлению рисками могут быть рекомендованы к внедрению на предприятиях, занимающихся производством гофропродукции и других аналогичных сферах. Внедрение данных инструментов позволит предприятиям более эффективно управлять рисками, что приведет к повышению устойчивости и конкурентоспособности на рынке. Применение логических функций Excel упрощает процессы анализа и управления, повышает точность и надежность данных, а также обеспечивает автоматизацию рутинных операций, что значительно повышает эффективность работы и позволяет более оперативно реагировать на изменения в окружающей среде.

Таким образом, результаты данной работы представляют собой ценный вклад в развитие теории и практики управления рисками и возможностями на предприятиях, специализирующихся на производстве гофропродукции. Эти результаты могут быть применены на практике для повышения управленческой эффективности и обеспечения устойчивого развития таких предприятий в условиях современного бизнес-окружения.

Список использованных источников

1. ISO 31000:2018 «Менеджмент риска. Принципы и руководство». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://pqm-online.com/assets/files/pubs/translations/std/iso-31000-2018-\(rus\).pdf](https://pqm-online.com/assets/files/pubs/translations/std/iso-31000-2018-(rus).pdf) (дата обращения: 01.11.2022).
2. Воронцовский В. А. Управление рисками : учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры – СПб.: Издательство Юрайт, 2016. – С. 414.
3. ГОСТ Р МЭК 31010 – 2021 «Надежность в технике. Методы оценки риска». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pqm-online.com/assets/files/lib/std/gost-r-mek-31010-2021.pdf> (дата обращения: 04.12.2023).

Выпускник

Жданов Яков Юрьевич

факультет технологического менеджмента и инноваций

e-mail: zdanovspb.13@gmail.com

Научный руководитель

Варламова Дарья Вадимовна

доцент, к.э.н., доцент факультета технологического менеджмента и инноваций

e-mail: dvvarlamova@itmo.ru

УДК 005.33

**УПРАВЛЕНИЕ ОСНОВНЫМИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССАМИ
В E-COMMERCE КОМПАНИЯХ В УСЛОВИЯХ КРИЗИСА**

Ключевые слова

Бизнес-процесс, управление бизнес-процессами, e-commerce, кризис, технологии искусственного интеллекта, алгоритм внедрения технологий искусственного интеллекта.

Цели и задачи

Современная экономическая реальность, определяемая быстрыми изменениями рынка и повышенной неопределенностью, требует от компаний активных действий в адаптации своих бизнес-процессов. Способность компании, в сфере электронной коммерции, к быстрой и эффективной адаптации к кризисным условиям, определяет её конкурентоспособность и возможность к выживанию. В данном нестабильном состоянии экономической среды эффективное управление ключевыми бизнес-процессами превращается в важную задачу, которую возможно решить с помощью современных методов и технологий, в том числе внедрив системы, основанные на искусственном интеллекте. Поэтому целью работы является совершенствование алгоритма внедрения технологий ИИ в управление основными бизнес-процессами на примере e-commerce компаний.

Основная часть (методология, результаты)

Эволюция конкурентной среды, которая происходила в 1990-е годы, оказала существенное влияние на организационные структуры различных предприятий. Ключевые участники рынка в ответ на изменение рынка начали внедрять в свои бизнес-процессы более системный подход [1].

Благодаря постепенной адаптации к меняющимся условиям произошло формирование концепции – активного управления бизнес-процессами. Данная система позволила

предприятиям внедрить в свои бизнес-процессы программы для моделирования и инструменты для анализа.

В последние десятилетия управление бизнес-процессами претерпело существенные изменения из-за проектов, связанных с цифровой трансформацией, а также с распространением облачных технологий. Внедрение цифровых решений и различных сервисов открыли новые возможности для автоматизации и масштабирования бизнес-процессов [2].

В настоящее время BPM продолжает свое развитие, которое направлено на интеграцию с технологиями искусственного интеллекта [3].

Применение искусственного интеллекта в управлении основными бизнес-процессами становится ключевым фактором успеха для многих компаний.

В условиях высокой конкуренции и постоянных изменений рыночной среды, эффективное использование технологий ИИ позволяет значительно улучшить эффективность работы, оптимизировать ресурсы и повысить удовлетворенность клиентов.

Основная цель внедрения ИИ – не просто автоматизация существующих процессов, но и создание новых возможностей для инноваций и развития.

И чтобы достичь поставленных целей, важно систематически подходить к интеграции технологий искусственного интеллекта в бизнес-процессы компании [4]. Далее будет рассмотрен усовершенствованный алгоритм внедрения технологий искусственного интеллекта в основные бизнес-процессы.

Стратегическое планирование – это предварительный (нулевой) этап, который включает в себя формирование видения и стратегических целей использования технологий ИИ в организации.

Анализ бизнес-процессов – первый этап, на котором происходит глубокий анализ существующих бизнес-процессов с целью выявления потенциальных направлений для интеграции систем искусственного интеллекта.

Экспериментальное внедрение выбранных решений – второй этап, на котором происходит разработка и реализация пилотных проектов на базе ИИ в ограниченных и контролируемых условиях.

Масштабирование эффективных инициатив – третий этап, на котором происходит интеграция в широкомасштабные операционные процессы пилотируемых проектов, подтвердивших свою работоспособность и эффективность.

Контроль и оценка экономического эффекта – четвертый (финальный этап), на котором происходит регулярный мониторинг и анализ экономических показателей, связанных с внедрением ИИ, для оценки реального вклада технологий в эффективность бизнес-процессов.

Внедрение технологий ИИ в бизнес-процессы компании может значительно улучшить операционную эффективность, снизить затраты, а также повысить качество продукции и услуг.

Для оценки экономической эффективности внедрения ИИ можно использовать несколько методов, включая расчет чистой приведенной стоимости (NPV), внутренней нормы доходности (IRR), периода окупаемости (PP) и индекса доходности (PI).

Для практической оценки экономического эффекта от внедрения ИИ включают следующие шаги – определение исходных параметров, прогнозирование изменений, расчет денежных потоков, использование формул для оценки, анализ рисков и принятие решений.

Этот подход позволяет не только количественно оценить выгоды от внедрения ИИ, но и качественно понять изменения в бизнес-процессах, что является ключевым для стратегического планирования и долгосрочного развития компании.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

Применение искусственного интеллекта в бизнес-процессах способствует укреплению позиции компании на рынке, позволяет более эффективно реагировать на быстро меняющиеся

тренды и удерживать конкурентное преимущество в динамично развивающейся сфере электронной коммерции.

Искусственный интеллект не только оптимизирует уже существующие операции внутри компаний, но и создаёт условия для разработки новых продуктов и услуг.

В работе были разработаны рекомендации по совершенствованию алгоритма внедрения технологий ИИ в систему управления бизнес-процессами в e-commerce компаниях.

В дальнейшем планируется применение описанного алгоритма и оценка его эффективности.

Список использованных источников

1. Гавриков Л.Н., Мельникова Е.В. Эволюция и новые подходы в управлении бизнес-процессами // Инновационное развитие Российской экономики: материалы X Международной научно-практической конференции. – 2017. – Т. 3.– С. 59–62.
2. Szelaḡowski M., Lupeikiene A. Business Process Management Systems: Evolution and Development Trends // Informatica. – 2020. – Vol. 31. – №. 3. – Pp. 579–595.
3. BPM: Past, Present, Future. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.processmaker.com/blog/bpm-past-present-future/#> (дата обращения: 10.05.2024).
4. Полный цикл внедрения искусственного интеллекта. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://istraadm.ru/files/2019/01/23/prezent01.pdf> (дата обращения: 10.05.2024).

Выпускник

Жуков Дмитрий Николаевич

институт прикладных компьютерных наук

e-mail: zhu@me.com

Научный руководитель

Ботов Дмитрий Сергеевич

к.т.н., доцент института прикладных компьютерных наук

e-mail: dmbotov@itmo.ru

УДК 004.8

**БИЗНЕС-ТЕЗИС «HIREMENOW»: РАЗРАБОТКА
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ГЕНЕРАЦИИ ЗАДАНИЙ
С ПРИМЕНЕНИЕМ БОЛЬШИХ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ
ДЛЯ СЕРВИСА РАЗВИТИЯ И ОЦЕНКИ КОМПЕТЕНЦИЙ**

Ключевые слова

Автоматическая система оценки знаний, большие языковые модели, развитие и оценка компетенций, искусственный интеллект, оценка навыков, HR-Tech.

Цели и задачи

Разработать систему оценки на базе искусственного интеллекта для оптимизации и автоматизации процесса верификации уровня знаний и компетенций кандидатов, улучшив тем самым качество и скорость найма, а также значительно сокращая затраты компаний на эти процессы.

Основная часть (методология, результаты)

Современный рынок труда характеризуется быстрым внедрением технологий, что требует от компаний не только ускорения процессов найма, но и повышения их эффективности и объективности [1]. В этом контексте особенно востребованными становятся решения, основанные на использовании больших данных и искусственного интеллекта, которые могут обеспечить более глубокий и всесторонний анализ компетенций кандидатов.

В рамках выпускной квалификационной работы была разработана интеллектуальная система для автоматической оценки компетенций соискателей, нацеленная на использование в быстрорастущих ИТ-стартапах [2]. Это исследование стало ответом на возрастающую потребность в эффективных инструментах для подбора и оценки персонала, которые могут существенно ускорить и упростить процесс найма, делая его более объективным и менее затратным.

Проект начался с формулировки и проверки продуктовой гипотезы: фаундеры ИТ-стартапов готовы платить за автоматическую систему оценки навыков соискателей. Для проверки гипотезы были организованы проблемные интервью с основателями стартапов, что позволило уточнить их потребности и ожидания от такого рода сервисов. Кроме того, был проведен тщательный анализ рынка растущих ИТ-стартапов и существующих решений для оценки персонала, что включало сбор и анализ статистических данных, изучение отчетов и публикаций, связанных с HR-технологиями [3].

На основе данных интервью и анализа рынка было сформировано уникальное ценностное предложение. Оно учитывало специфику и потребности стартапов, стремящихся максимально эффективно использовать свои ресурсы при оценке и подборе кадров. Были выделены ключевые функциональные требования к системе, такие как возможность интеграции с существующими HR-платформами, удобство использования, масштабируемость и высокая точность оценок.

Прототип сервиса был разработан с применением современных технологий машинного обучения и больших языковых моделей. Система позволяла проводить текстовые опросы для оценки компетенций соискателей с автоматическим анализом ответов и подготовкой заключения о пригодности кандидата для заявленной вакансии.

Проведение экспериментов для тестирования и валидации разработанного прототипа было направлено на оценку его эффективности и точности. Тестирование проводилось на группе соискателей, где использование системы сопоставлялось с традиционными методами оценки. Результаты показали, что сервис обеспечивает высокую степень согласованности оценок с мнениями экспертов, при этом значительно ускоряя процесс оценки и снижая его стоимость.

Исследование подтвердило коммерческую жизнеспособность и рыночный потенциал разработанной системы. Первичный интерес со стороны инвесторов и положительные отзывы от компаний-пользователей прототипа подтвердили возможности его дальнейшей коммерциализации и масштабирования. В дальнейших планах — расширение функционала системы, углубление интеграции с другими HR-платформами и адаптация под различные рыночные условия.

В итоге проект демонстрирует значительные перспективы для изменения подходов к подбору и оценке персонала в секторе ИТ-стартапов, предоставляя новые возможности для улучшения качества и эффективности HR-процессов.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В ходе работы был проведен комплекс исследований, позволяющий оценить перспективы рынка оценки навыков, который демонстрирует стабильный рост на уровне 12,5% годовых и оценивается в 2,3 миллиарда долларов. После анализа более 60 интервью и формулирования четырех гипотез была выбрана наиболее перспективная из них. Исследование целевой аудитории конкурентов, чьи доходы варьируются от 1,7 до 30 миллионов долларов с LTV от 3 до 11 тысяч долларов, показало благоприятные условия на рынке. Целевой аудиторией были определены быстро развивающиеся компании на стадии А, для которых предлагаемое решение может значительно сэкономить до 7,5 тысяч долларов. Созданная микросервисная архитектура и прототип решения, успешно протестированные с разницей в оценках с экспертами всего в 2%, подтвердили его эффективность. Рассчитанные показатели юнит-экономики, такие как соотношение LTV/CAC равное 4,8 и индекс ROMI — 3,8, подчеркнули финансовую устойчивость проекта. Получены шесть предварительных заявок на проведение пилотных проектов. Определена необходимость в первоначальных инвестициях в размере 65 тысяч долларов, для чего разработано предложение для инвесторов, включая гранты и бизнес-ангелов.

Список использованных источников

1. Будущее оценки персонала. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ecopsy.ru/insights/rezultaty-issledovaniya-budushchee-otsenkipersonala/> (дата обращения: 25.06.2024).
2. AI Was Q2’s Big Hope To Reverse The Global Venture Funding Slowdown. It Wasn’t Enough. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://news.crunchbase.com/venture/vc-funding-falling-report-data-q2-2023-global/> (дата обращения: 25.06.2024).
3. Как искусственный интеллект меняет HR. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ecopsy.ru/insights/kak-iskusstvennyu-intellekt-menyaet-hr/> (дата обращения: 25.06.2024).

Выпускник

Земсков Антон Николаевич

факультет технологического менеджмента и инноваций
e-mail: tony0zet@gmail.com

Научный руководитель

Горовой Александр Андреевич

профессор, д.э.н., факультет технологического менеджмента и инноваций
e-mail: gorovoi@itmo.ru

УДК 336.711.2

**РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦИФРОВОГО РУБЛЯ В РАСЧЕТАХ**

Ключевые слова

Цифровая валюта, центральный банк, деньги, расчеты, финансы, платежи.

Цели и задачи

В России с августа 2023 года запущено пилотное тестирование цифрового рубля – отечественной версии цифровой валюты центрального банка. Внедрение новой формы денег окажет влияние прежде всего на расчеты между контрагентами. Уже известны виды операций, структура и архитектура функционирования, при этом остается ряд нерешённых вопросов и возможностей для улучшения. В связи с чем, целью работы является разработка рекомендаций по совершенствованию использования цифрового рубля в расчетах. Для достижения цели необходимо: проанализировать денежную теорию относительно цифровых валют центральных банков, оценить мировой опыт и состояние внедрения в РФ, разработать и обосновать рекомендации по совершенствованию расчетов с использованием цифрового рубля.

Основная часть (методология, результаты)

В мире, где происходят фундаментальные трансформации социального, экономического, политического устройства в сторону децентрализации и отказа от старых порядков на первое место выходят инновации. Увеличение количества санкций и законодательных ограничений, протекционизм – усложняют движения капитала. Параллельный тренд на удобство и эффективность платежей с переводами находится в стадии роста. Финансовые инновации нацелены как на решение возникающих проблем с движением капитала, так и с повышением удовлетворения запросов на повышение удобства и

эффективности расчетов. В связи с этим важно обеспечить реализацию проекта цифрового рубля с максимальными возможностями.

Цифровой рубль – это новая форма национальной валюты России, которая отличается от других форм технологической платформой. При этом эмитентом и основным ответственным органом является Центральный Банк РФ, а доступ для розничных клиентов предоставляют коммерческие банки, также они проводят процедуры проверок клиентов и их транзакций [1].

Основные причины создания цифрового рубля – это растущая конкуренция со стороны криптовалют и решений web3, проблемы текущей финансовой системы такие как: санкции, уязвимость денег и платежной информации для злоумышленников, неэффективность расчетов.

В ходе исследования было проведено интервьюирование с целью выявить проблемы и варианты улучшения в расчетах с использованием цифрового рубля. Участниками были десять человек из пяти групп будущих пользователей цифрового рубля:

- 1) обычные пользователи,
- 2) финансовые директора,
- 3) предприниматели,
- 4) финансовые консультанты,
- 5) банковские работники.

Основные вопросы вызывают: конфиденциальность и анонимность, безопасность, удобство, скорость расчетов. Положительным отмечается снижение комиссии за расчеты.

Достижением для финансов последних лет отмечается реализация концепции web3 и возможность анонимизации расчетов.

На основе полученных данных интервьюирования, кейс-анализа опыта компаний и банков, контент-анализа новостей, оценок официальных документов были разработаны десять рекомендаций:

1. Реализовать оффлайн платежи через смартфоны или смартфон и специальный терминал, который может работать в офлайн режиме. Лимиты на одну операцию 25 тыс. руб., без подключения одного из устройств можно совершить 2 операции. Унифицировать офлайн qr-коды, путем оставления одного, который может вести на другие или установить динамическое табло.

Эффект: увеличение доступности и скорости расчетов, повышение их удобства, развитие регионов.

2. Создать возможность открытия дополнительных кошельков. Это сделано уже, например, в кошельках криптовалют компании Coinbase Global, Inc. В цифровом юане также будет возможность создания нескольких кошельков [2]. Рекомендация способствует гибкости при расчетах и упрощению управления деньгами.
3. Реализовать обмен цифрового рубля на другие цифровые валюты центральных банков через кроссчейн-мосты.

Предоставить доступ к цифровому рублю для туристов через приложение смартфона, реализовать покупку через карту.

Эти возможности повысят удобство и снизят издержки при совершении расчетов.

4. Уменьшить количество проверок ПОД/ФТ/ФРОМУ, путем увеличения количества данных и их аналитики. Повысить барьер валютного контроля, при котором необходимо выполнять ручные действия до 1 млн руб.

Рекомендация способствует снижению трудозатрат и предиктивных ручных проверок.

5. Создать сервис на основе искусственного интеллекта для подбора оптимального способа расчета при оплате и оптимального маршрута для трансграничного перевода. Это поможет улучшить сбыт компаний и снизить издержки при расчетах, в т.ч. покупках.
6. Усложнить доступ для уполномоченных лиц к банковской тайне, путем внутреннего контроля. Главное обеспечить гармоничное согласование между правами людей и

предотвращением, раскрытием преступлений. Федеральное казначейство, Росфинмониторинг и оперативные отделы ведомств должны проводить аналитику, не раскрывая данных конкретных пользователей до установления причастности.

Реализовать анонимизацию путем выпуска «анонимного цифрового рубля». Его можно будет приобрести за обычный цифровой рубль. Операции с ним необходимо ограничить до 1 млн руб., при этом нужно исключить некоторые типы рискованных операций.

Меры помогут избежать утечек персональных данных и сохранить анонимность от третьих лиц.

7. Трансграничные расчеты через кроссчейн-мосты по механизму эмиссии токена одной цифровой валюты на платформе другой цифровой валюты при блокировке эквивалентной суммы на исходной платформе. Реализация такой возможности осуществима через создание цифрового счета и смарт-контракта на эмиссию для участника другой платформы [3]. Это способствует снижению издержек и рисков.
8. Технологичность цифрового рубля будет обеспечиваться приложениями и смартконтрактами. Необходимо создать условия постоянного развития и поддержки в создании через монетизацию, как вознаграждение. Это увеличит эффективность расчетов, а в некоторых случаях и автоматизирует их, даст импульс развитию финансовой системы.
9. В законодательстве РФ существуют противоречия относительно использования цифрового рубля, доступа к цифровому рублю для иностранцев, прав обязательств ЦБ и требований клиентов. Необходимо описать полностью сущность цифрового рубля. Это поможет защитить права всех заинтересованных сторон при расчетах и повысит привлекательность цифрового рубля.
10. Автоматизировать сбор налогов по желанию пользователя. Реализовать автоматическое отчисление налога через смартконтракт и межведомственное взаимодействие. Масштабирование практики может быть реализовано путем автоматизации сбора других плат. Это поможет уменьшить лишнюю документарную работу и освободить людские ресурсы для сложных занятий.

После составления рекомендаций был проведен опрос удовлетворенности расчетами. Сценарий внедрения цифрового рубля с нашими рекомендациями набрал в комплексной оценке на 4,1% больше баллов, чем без них.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В ходе работы была проанализирована теория по цифровым валютам центральных банков и мировой опыт внедрения, проведена оценка концепции цифрового рубля и ее влияния на финансы. В дополнение было проведено интервьюирование, в ходе которого были выявлены проблемы и некоторые варианты их решения. На основе данных разработаны и обоснованы рекомендации по совершенствованию использования цифрового рубля в расчетах. Проведен опрос удовлетворенности, где сценарий реализации цифрового рубля с нашими рекомендациями набрал на 4,1% больше баллов в комплексной оценке.

Ряд рекомендаций могут быть исследованы и реализованы дополнительно, в дальнейших научных работах, связанных с инновационным развитием государства и, в частности, экономики.

Список использованных источников

1. Концепция цифрового рубля. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.cbr.ru/Content/Document/File/120075/concept_08042021.pdf (дата обращения: 16.02.2024).

2. Кочергин Д.А. Цифровые валюты центральных банков: опыт внедрения цифрового юаня и развитие концепции цифрового рубля // *Russian Journal of Economics and Law*. – 2022. – №. 16 (1). – С. 51–78.
3. Концепция цифрового белорусского рубля. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.nbrb.by/payment/digital_ruble/concept.pdf (дата обращения: 16.04.2024).

Выпускник

Иванов Артем Вацлавович

факультет технологического менеджмента и инноваций

e-mail: avivanov@itmo.ru

Научный руководитель

Силакова Любовь Владимировна

к.э.н., доцент факультета технологического менеджмента и инноваций

e-mail: silakovalv@itmo.ru

УДК 65.01

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИК УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ
ПРОЕКТАМИ ЧЕРЕЗ УПРАВЛЕНИЕ ПРОДУКТОВЫМИ КОМАНДАМИ
/ DEVELOPMENT OF METHODS FOR MANAGING TECHNOLOGICAL
PROJECTS THROUGH PRODUCT TEAM MANAGEMENT**

Работа выполнена в рамках темы НИР №623081 «Исследование подходов и развитие методов к оценке технологий в целях коммерциализации ВУзовских инноваций в условиях формирования технологического суверенитета».

Ключевые слова

Инновации, управление проектами, оценка проектов, коммерческий потенциал, экосистема поддержки инноваций, университет.

Цели и задачи

На протяжении 10 лет в Российской Федерации наблюдается положительная динамика в объеме произведенных инновационных товаров, продуктов и услуг. Университеты, как элементы широко известной «спирали инноваций», фокусируются на новом подходе к трансферу технологий и повышению коммерческого потенциала собственных инновационных проектов, в соответствии со Стратегией научно-технического развития России. При этом существующие методики оценки коммерческого потенциала и технологической готовности проектов могут не в полной мере отражать все аспекты «молодых проектов», инициированных в среде инновационных экосистем университетов. В связи с этим встают задачи анализа и оценки инновационных проектов и продуктовых команд таких проектов, а также задачи по совершенствованию методик управления проектами и командами с целью выстраивания эффективного процесса поддержки инноваций, их коммерциализации и трансфера.

Основная часть (методология, результаты)

Стартапы и инновации на быстроменяющемся рынке играют ключевую роль в преобразовании предприятий и университетов, создании новых рабочих мест и оптимизации процессов [1]. Несмотря на экономические ограничения в отношении России, запуск новых фондов свидетельствует о том, что активность на рынке венчурного капитала в России восстанавливается [2]. Чтобы масштабировать процессы коммерциализации инновационных разработок, фондам необходимо автоматизировать внутренние процессы для оценки коммерческой зрелости и инновационного потенциала таких объектов. При такой оценке по-прежнему важно учитывать различные аспекты продукта или проекта, включая не только непосредственную техническую готовность в различных проявлениях, но и специфику защиты интеллектуальной собственности (ИС) и получения охранных документов на объекты ИС, а также экспертизу продуктовых и проектных команд.

В ходе исследования были предложены следующие блоки оценивания коммерческого потенциала команды и проекта: CRL (уровень коммерческой готовности); техническая готовность; экспертиза команды; ресурсы; RRL (уровень нормативной готовности). Предлагаемые блоки оценки в таблице 1 охватывают большинство текущих требований к инновационным продуктам, разрабатываемым в рамках экосистем поддержки инноваций высших учебных заведений. Блоки отражают лучшие практики и учитывают широко используемые модели TRL (Technology Readiness Level), TPRL (Technology Project Readiness Level) и TPRA (Technology Project Readiness Assessment) [3, 4], а также дополнительно учитывают уровень экспертизы команды.

Для расчета коммерческого потенциала используется расчет интегрального показателя каждого блока и расчет общего интегрального показателя, нормализованного и приведенного к 100-балльной системе.

Для разработки первичной математической модели были опрошены 16 технологических проектов с использованием инструментов статистического анализа. Чтобы получить репрезентативную выборку для исследования, были изучены проекты различной направленности: 9 проектов типа "Стартап", 7 проектов типа "Технологическая разработка", где 9 проектов получили финансирование или продажи, 7 проектов без финансирования или продаж (множества пересекаются, но не идентичны).

Цель применения методов линейной регрессии состояла в том, чтобы на основе обучающей выборки предсказать результаты остальных исследуемых проектов, а также проверить нулевую гипотезу о том, что переменные не связаны с функцией (наличие финансирования или продаж).

Средний показатель (итоговая экспертная оценка) коммерческой зрелости составил 71,1 балла и 41,0 балла для проектов с финансированием или продажами и для проектов с их отсутствием соответственно (Рисунок).

В результате проведенных оценок было проанализировано возможное увеличение потенциала проекта через призму зрелости членов его продуктовой команды путем выбора подходящей методологии. Потенциальный эффект от внедрения инструмента оценки и адаптации методологии управления проектами составил 14% в интегральном показателе эффективности. Положительный результат, учитывает повышение эффективности, снижение относительных операционных затрат на оплату труда и других отчислений за счет оптимизации работы [5].

Также была построена модель линейной регрессии для прогнозирования наличия финансирования или продаж в тестовой выборке проектов по разработке инновационных продуктов и выделены коэффициенты для построения прогнозной модели (табл. 2, 3).

Таблица 1. Блоки оценки коммерческого потенциала проекта

Блок оценивания	Параметры				
CRL	Уровень готовности продукта к выходу на рынок	Финансовые показатели	Уровень готовности маркетинговой стратегии	Исследование патентоспособности	Уровень взаимодействия с партнерами
Экспертиза команды	Уровень экспертизы команды в разработке продукта	Уровень экспертизы команды в управлении проектами	Уровень экспертизы команды в маркетинге и продажах	Опыт работы в отрасли	Уровень репутации команды
Ресурсы	Уровень материальных ресурсов команды	Уровень нематериальных ресурсов команды	Обеспеченность финансовыми ресурсами	Сформированность команды исполнителей	Уровень доступа к ресурсам инновационной инфраструктуры (акселераторы, технопарки, ЦТТ и пр.)
RRL	Уровень соответствия продукта общим требованиям и регуляторным нормам	Необходимость получения дополнительных разрешений	Наличие патента(ов) или иных охранных документов	Оформленность деятельности (в виде ООО/ ИП/ МИП и т. д.)	-
Техническая готовность	Уровень технической готовности продукта	Уровень готовности технической документации	Уровень технической готовности к масштабированию	-	-

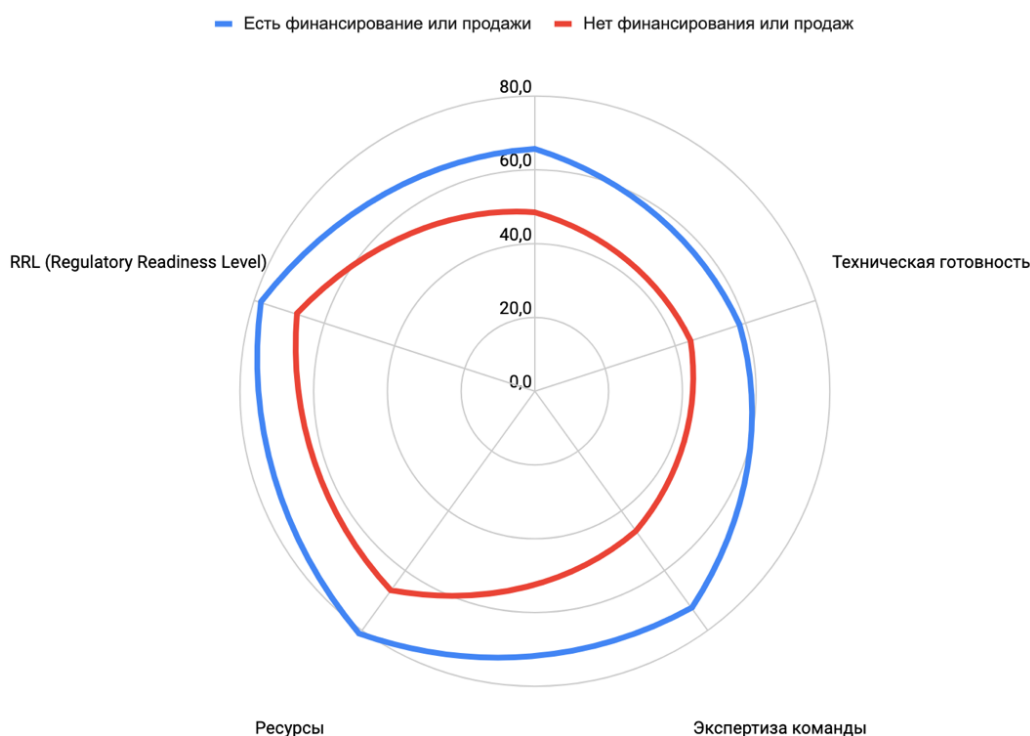


Рисунок. Усредненная картина по исследованным проектам

Таблица 2. Коэффициенты линейной регрессии

Параметр	Коэффициент
Свободный член	-1,1277
CRL	0,0267
Техническая готовность	-0,0143
Экспертиза команды	0,0315
Ресурсы	0,0105
RRL	-0,0223

Таблица 3. Результаты работы прогнозной модели

	Команда 13	Команда 14	Команда 15	Команда 16
CRL	38,6	86,4	54,5	55,0
Техническая готовность	25,0	65,6	68,8	58,3
Экспертиза	60,0	75,0	75,0	80,0
Ресурсы	55,0	90,0	90,0	55,0
RRL	56,3	87,5	56,3	56,3
Экспертная оценка	35,2	80,9	51,7	60,9
Нормированный прогноз	52,6	100,0	88,8	86,0
Прогнозируемый ответ	НЕТ	ДА	ДА	ДА
Факт финансирования или продаж	НЕТ	ДА	ДА	ДА

Модель показала 100%-ную точность в тестовой выборке (при условии принятия нормализованного порогового значения в 51 балл для принятия решения о финансировании/продаже). При расширении тестовой выборки точность модели сохраняла значения выше 90%, при наличии выбивающихся значений.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В результате проведенной работы были проанализированы 16 команд инновационных технологических проектов и подтверждено, что предложенный метод оценки демонстрирует высокую точность результатов на изученной выборке. В ходе исследования выявлена сильная прямая линейная корреляция уровня экспертизы команды и уровня коммерческой готовности проекта с успешностью проекта в получении финансирования. Вынесены предложения по внедрению практики динамической оценки коммерческого потенциала в Центр Трансфера Технологий (ЦТТ) или другие подразделения инновационной инфраструктуры, а также продуктовые команды с целью управления проектом или портфелем проектов (корректировка дорожной карты проекта и перечня задач за счет резюме проведенной оценки). Рассчитано, что эффект от внедрения предложенных методик в общем процессе поддержки инноваций университета может привести к увеличению операционной эффективности проектов или внутриуниверситетской структуры трансфера технологий до 14%.

Остаются актуальными вопросы расширения выборки инновационных проектов и увеличения точности оценки с целью масштабирования и адаптации предложенного подхода для внедрения внутри ведущих университетов России и их экосистем поддержки инноваций.

Список использованных источников

1. Сорокин П.С., Черненко С.Е., Вятская Ю.А. Инфраструктура поддержки студенческих предпринимательских инициатив в вузах: российский ландшафт // М.: НИУ ВШЭ. – 2023. – 91 с.
2. 10 venture funds have been launched in Russia in two years. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.forbes.ru/svoi-biznes/501068-v-rossii-zapustili-10-vencurnyh-fondov-za-dva-goda> (date of application: 04.01.2024).
3. Комаров А.В., Комаров К.А., Шуртаков К.В. Использование методологии комплексной оценки научно-технологических проектов для оценки рисков их невыполнения // Экономика науки. – 2021. – №. 1. <https://doi.org/10.22394/2410-132X-2021-7-1-19-38>.
4. Komarov A.V., Fell E.I., Matveev D.F. Framework TPRA for Comprehensive Assessment of R&D Projects // Economics of Science. – 2022. – Т. 8. – №. 3-4. – Pp. 255–267.
5. Ivanov A.V., Silakova L.V. Assessing the Product Maturity of the IT Team in the Context of Digital Transformation // Digital Transformation: What is the Company of Today?. – Cham : Springer Nature Switzerland, 2023. – Pp. 63–83.

Выпускник

Иванова Екатерина

факультет биотехнологий

e-mail: ivannkate451@gmail.com

Научный руководитель

Еремеева Наталья Борисовна

к.т.н., доцент факультета биотехнологий

e-mail: eremeeva.n@itmo.ru

УДК 620.3

«ЗЕЛЕНый» СИНТЕЗ НАНОЧАСТИЦ ОКСИДА ЦИНКА

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (РНФ) (проект № 23-26-00056).

Ключевые слова

Наночастицы, биосинтез, оксид цинка, пижма обыкновенная, растительные экстракты, разработка метода.

Цели и задачи

Активное развитие биотехнологии постоянно требует создание новых материалов, которые смогли бы удовлетворить нужды науки и производства. Также возрастает интерес к использованию нанотехнологий. Металлические наночастицы – это один из наиболее перспективных видов наноматериалов. Это обширная группа веществ, имеющая самые разнообразные структуру и свойства. Малый размер и высокая реакционная способность делают данную группу привлекательной для таких отраслей, как пищевая и фармацевтическая промышленности, медицина, химия, косметическая промышленность. Однако существуют некоторые сложности, ограничивающие широкое распространение наноматериалов. Традиционно получаемые физическими или химическими методами, такие вещества крайне дорогостоящи в производстве, а также могут быть токсичны для человека и окружающей среды за счет применения в синтезе ядовитых агентов. В связи с этим, встает задача разработки безопасного «зеленого» метода синтеза наночастиц с использованием биоразлагаемого растительного сырья.

Основная часть (методология, результаты)

Все методы синтеза наночастиц можно поделить на две большие группы – «сверху-вниз» и «снизу-вверх». При нисходящем подходе происходит измельчение более крупных объектов до наноразмера, а при восходящем наоборот, более мелкие объекты, такие как атомы и

молекулы, собираются в комплексы. Методы «сверху-вниз», в основном, физические: механическое дробление, лазерная абляция, вытравливание и пр. При таком виде синтеза необходимо дорогостоящее оборудование и большие расходы электроэнергии, что влияет на конечную стоимость продукта. Методы «снизу-вверх» можно разделить на химические и биологические. К химическим относят золь-гель синтез, химическое осаждение из паровой фазы, сонохимический синтез и пр. Такой синтез многостадийен, при нем применяются токсичные реагенты, опасные для экологии и человека. К биологическим методам относят биосинтез, фотосинтез и пр. Полученные таким путем наночастицы биоразлагаемы, не требуют сложного оборудования при производстве [1].

В качестве исходного сырья были выбраны оксид цинка ZnO, получаемый из соли $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$, и растительный экстракт пижмы обыкновенной (*Tanacetum vulgare L.*). Оксид цинка ZnO нетоксичен для человека, а также обладает выраженным антибактериальным эффектом. Различные виды пижмы широко применимы в производстве косметики, инсектицидов, используются при производстве бальзамов, красок, а также пищевых консервантов. В народной медицине чай на основе пижмы применяют как глистогонное, ветрогонное, спазмолитическое, пищеварительно-стимулирующее, противодиабетическое, мочегонное и антигипертензивное средство. Исследования пижмы обыкновенной показали, что ее наземные части содержат такие химические соединения, которые отвечают за антиоксидантные и лечебные свойства, как сесквитерпеновые лактоны, летучие масла, флавоноиды и фенольные кислоты [2]. Также в выборе растительного сырья немаловажным критерием была его доступность: данное растение типично для средней полосы России, что удешевляет стоимость конечного продукта.

Был разработан следующий протокол биосинтеза:

1. Приготовление концентрированного раствора растительного экстракта.
2. Приготовление раствора соли заданной концентрации, содержащей ион металла, для комплексообразования.
3. Настаивание смеси полученных растворов.
4. Упаривание смеси в два раза в роторном испарителе.
5. Кальцинация в муфельной печи.

В процессе подбора условий для наибольшего количественного выхода наночастиц было исследовано влияние следующих факторов: концентрация соли металла, температура, pH среды. Для этого были выбраны три рабочие концентрации $ZnSO_4$: 5%, 15%, 25%. Для изучения влияния температуры смесь инкубировалась одинаковое время (60 мин) при различных температурах: 25°C, 35°C, 50°C. Для изучения влияния pH на количественный выход осадка было также поставлено три эксперимента: использование исходной смеси без изменения pH, подкисление смеси до значений $pH = 3,5-3,6$, повышение pH смеси до значений $pH = 5,8-5,9$. Для корректировки pH использовались 0,1M растворы гидроксида натрия NaOH и соляной кислоты HCl. Для получения достоверных данных каждый параметр изучался отдельно от других. Для изучения влияния температуры и pH среды на количественный выход использовалась минимальная концентрация соли 5%. Каждый эксперимент был поставлен в трех повторности. Во всех случаях использовался объем смеси, равный 100 мл. Полученный осадок высушивался 24 часа в термостате при 60°C.

Для дальнейшего выделения полученных наночастиц из реакционной смеси проводилась кальцинация в муфельной печи при 400°C. Время выдержки также определялось экспериментально: образцы выдерживались в течение 30 мин, 60 мин и 120 мин.

После получения готового продукта в виде сухого порошка был проведен анализ его свойств следующими методами: УФ-видимая спектроскопия, ИК-спектроскопия с преобразованиями Фурье, энергодисперсионная спектроскопия (ЭДС), сканирующая электронная микроскопия (СЭМ), динамическое светорассеяние (ДСР).

Антимикробная активность вещества определялась методом лунок в плотной агаризованной среде [3]. Изучались бактерицидные и бактериостатические свойства на следующих культурах микроорганизмов: *Escherichia coli* (грамотрицательные,

неспорообразующие), *Bacillus subtilis* (грамположительные спорообразующие), *Staphylococcus citreus* (грамположительные неспорообразующие) из коллекции кафедры Технологии микробиологического синтеза СПбГТИ(ТУ) г. Санкт-Петербург. В качестве объектов сравнения использовались полученные химическим синтезом наночастицы оксидов магния и алюминия, которые смешивались с исследуемым веществом – наночастицами оксида цинка. Для исследования были использованы две рабочие концентрации изучаемого вещества – 250 мкг/мл и 500 мкг/мл.

Антимикробную активность испытуемых образцов определяли по степени ингибирования роста микроорганизмов вокруг лунок диаметром 10 мм (зона 11–15 мм – слабая антимикробная активность, 15–25 мм – выраженная антимикробная активность; зона замедления роста >25 мм свидетельствует о высокой антимикробной активности).

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В ходе работы были синтезированы «зеленым» методом наночастицы оксида цинка ZnO, разработан и описан протокол методики биосинтеза. Определено, что наибольший количественный выход осадка, содержащего наночастицы, достигается при максимальной исследованной концентрации соли 25%, инкубировании смеси при 50°C и при повышении pH смеси до значений 5,8–5,9.

Подтвержден методом ДСР размер наночастиц 340,2 нм, методом ЭДС подтвержден элементный состав вещества – образец содержит элементы цинк Zn, кислород O и серу S. Методами УФ- и ИК-спектроскопии с преобразованиями Фурье было также подтверждено строение образца, пики УФ-спектроскопии лежат в диапазоне 200–280 нм. Пики на ИК-спектрограмме в диапазоне 500–1250 см⁻¹ вызваны колебаниями связи Zn-O. Пики поглощения в диапазоне 1400–1800 см⁻¹ могут быть обусловлены вибрацией органических связей, таких как C=C, C-H, C-O.

Подтверждено наличие антимикробной активности полученных наночастиц оксида цинка методом лунок в плотной агаризованной питательной среде. Наночастицы оксида цинка проявляют антимикробную активность в отношении *Escherichia coli* (диаметр бактерицидной зоны – 16,5±0,14 мм, диаметр бактериостатической зоны – 17,7±0,23 мм при концентрации 500 мкг/мл), *Bacillus subtilis* (диаметр бактерицидной зоны – 18,7±0,12 мм, диаметр бактериостатической зоны – 19,6±0,13 мм при концентрации 500 мкг/мл) и *Staphylococcus citreus* (диаметр бактерицидной зоны – 17,7±0,12 мм, диаметр бактериостатической зоны – 19,7±0,04 мм при концентрации 500 мкг/мл).

В будущем можно продолжить исследование свойств данных наночастиц оксида цинка: определить наличие их антифунгицидной активности, определить наличие антиоксидантных свойств.

В перспективе применения данный материал может быть включен в пищевую упаковку из биоразлагаемой пленки для увеличения срока хранения мясных и растительных продуктов.

Список использованных источников

1. Макаров В.В., Лав А., Сеницына О.В., Макарова С.С., Яминский И.В., Тальянский М.Э., Калинина Н.О. «Зеленые» нанотехнологии: синтез металлических наночастиц с использованием растений // *Acta Naturae*. – 2014. – Т. 6. – №. 1. – С. 35–44.
2. Babich O., Larina V., Krol O., Ulrikh E., Sukhikh S., Gureev M.A., Prosekov A., Ivanova S. In Vitro Study of Biological Activity of *Tanacetum vulgare* Extracts. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.mdpi.com/1999-4923/15/2/616> (дата обращения: 01.06.2024).
3. Государственная фармакопея Российской Федерации / МЗ РФ. – XIII изд. – Т.1. – Москва, 2015. – 1470 с.

Выпускник

Игнатъев Семён Павлович

институт “Высшая инженерно-техническая школа”

e-mail: semen.ignatev.99@mail.ru

Научный руководитель

Баранов Александр Юрьевич

профессор, д.т.н., профессор образовательный центр “Энергоэффективные инженерные системы”

e-mail: abaranov@itmo.ru

УДК 665.725

**ОЦЕНКА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ
СТУПЕНИ ОХЛАЖДЕНИЯ СХЕМЫ СЖИЖЕНИЯ ПРИРОДНОГО
ГАЗА, ЗАПАТЕНТОВАННОЙ ОАО “ГАЗПРОМ”**

Ключевые слова

Сжиженный природный газ, смешанный хладагент, СПГ, ОАО “Газпром”, патент, технологический суверенитет.

Цели и задачи

Проведение моделирования цикла GMR для производства СПГ по данным патента ОАО "Газпром". Проведение анализа влияния давления на энергоэффективность цикла, проведение анализа влияния изменения температур на энергетические затраты. Обработка полученных в результате моделирования данных с целью сравнения параметров энергоэффективности различных вариантов исполнения системы. Анализ преимуществ и недостатков разных вариантов.

Основная часть (методология, результаты)

В ходе выполненного исследования была построена термодинамическая расчетная модель цикла предварительного охлаждения природного газа GMR, запатентованного ООО “Газпром” [1], в расчетном ПО Aspen HYSYS. Моделирование было выполнено с целью анализа эффективности работы цикла в широком диапазоне температур и давлений. Изучение при изменении температур было проведено, так как предполагаемые мощности по сжижению будут реализованы в северных регионах нашей страны.

Существовала большая вероятность того, что на будущих отечественных крупнотоннажных СПГ проектах будет использована технологии DMR и C3MR, но санкции препятствуют применению зарубежных разработок и необходимо развивать свои технологии.

Технологические схемы данных процессов похожи между собой, однако их главное отличие как раз в ступени предварительного охлаждения. В цикле СЗМР это пропан [2], а в цикле «Газпрома» – смешанный хладагент.

Большим преимуществом схемы GMR является использование смешанного хладагента на ступени предварительного охлаждения, это обеспечивает эффективную работу в условиях холодного климата северных регионов, позволяет адаптировать работу цикла. В то время как цикл первой ступени охлаждения на пропане неэффективен в этих климатических зонах и позволяет охладить газ только до минус 30°C. Применение схемы GMR на перспективных заводах по сжижению будет энергетически выгодно. При снижении температуры окружающего воздуха в течение года схема GMR обеспечивает повышение энергетической эффективности и снижение затрат на производство СПГ.

Результаты эксперимента показывают, что с увеличением давления сырьевого потока газа, увеличивается энергоэффективность процесса предварительного охлаждения. Также, использование более высоких уровней давления позволяет уменьшать размеры используемого на площадке оборудования и увеличить эффективность процессов подготовки газа к сжижению – осушки и очистки.

Рассмотрена ситуация сжижения газа, поступающего из месторождения с падающим устьевым давлением. В таких случаях следует предусматривать дожимную компрессорную станцию на этапе проектирования объекта для поддержания высоких давлений в ходе всего цикла отбора газа из месторождения с целью повышения энергоэффективности цикла и снижения металлоемкости оборудования.

Капитальные затраты на сжижение природного газа, по статистике, составляют 60% от общих затрат на получение и реализацию сжиженного газа [3]. Данные представлены на рисунке.

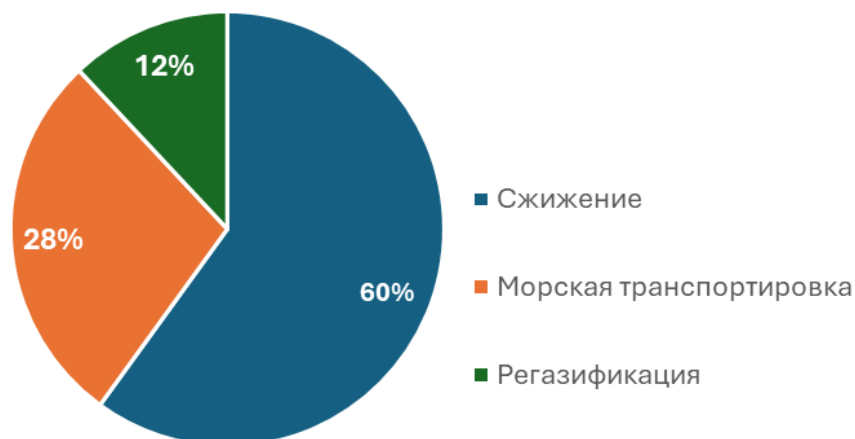


Рисунок. Диаграмма распределения капитальных затрат по категориям расходов

По этой причине стоит особое внимание уделять оптимизации технологических циклов, работы оборудования, подбирать состав смешанного хладагента согласно сезону и температурным уровням. Цикл GMR компании «Газпром» позволяет это делать. Он разработан специально для суровых климатических зон северных регионов страны. Необходимо обеспечить его внедрение в проекты, подробный расчет, разработку проектов и реализацию строительства завода.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

Расчет цикла GMR показал, что энергетические затраты на производство СПГ, сопоставимы с расходами в циклах зарубежных разработчиков. Использование смешанного

хладагента на ступени предварительного охлаждения позволяет адаптировать цикл под температурные уровни и использовать схему в зонах с низкими температурами воздуха. Использование дожимных компрессорных станций с целью повышения давления снижает энергетические затраты на компрессорное оборудование и увеличивает эффективность процессов осушки и очистки. Снижение температуры окружающего воздуха также способствует снижению энергозатрат.

В дальнейшей работе планируется проведение экспериментов по подбору состава смешанного хладагента для оптимизации энергозатрат на работу цикла в зависимости от температуры окружающей среды.

Список использованных источников

1. Патент № 2538192 Российская Федерация, МПК F25J 1/00 (2006.01). Способ сжижения природного газа и установка для его осуществления: №2013149401: заявл. 07.11.2013: опубл. 10.01.2015/Мамаев А.В., Сироткин С.А., Копша Д.П., Бахметьев А.П., Ишмулин А.В., Лебедев Ю.В., Новиков Д.В., Афанасьев И.П.; заявитель Открытое Акционерное Общество «Газпром».
2. Федорова Е.Б. Современное состояние и развитие мировой индустрии сжиженного природного газа: технологии и оборудование / Е.Б. Федорова; М.: РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, 2011. – 159 с.
3. Крупномасштабное производство сжиженного природного газа / Вовк В.С., Никитин Б.А., Новиков А.И. [и др.], ООО «Издательский дом Недра», 2011. – С. 162.

Выпускник

Измайлова Алина Александровна

факультет технологического менеджмента и инноваций

e-mail: your.snorter@gmail.com

Научный руководитель

Солдатова Анастасия Владимировна

доцент, к.э.н., доцент факультета технологического менеджмента и инноваций

e-mail: avsoldatova@itmo.ru

УДК 339.138

**МЕТОДЫ ПРОДВИЖЕНИЯ МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ В СФЕРЕ
GAMEDEV НА ОСНОВЕ КОНЦЕПЦИИ МАРКЕТИНГА
ВПЕЧАТЛЕНИЙ**

Работа выполнена в рамках темы НИР №623112 «Проектирование и реализация инновационных бизнес-решений на основе современных концепций маркетинга в условиях новой экономики».

Ключевые слова

Мобильные игры, digital-маркетинг, маркетинг мобильных игр, продвижение игр, маркетинг впечатлений, методы продвижения.

Цели и задачи

Индустрия gamedev адаптируется к изменениям в потребительском поведении и росту популярности мобильного гейминга, что требует новых маркетинговых стратегий [1]. Пользователи все чаще игнорируют рекламу, усложняя продвижение мобильных игр и требуя инновационных подходов [2]. Цель работы — разработка авторского метода продвижения мобильных игр, основанного на концепции маркетинга впечатлений. Разработка нового метода маркетингового продвижения имеет стратегическое значение для компаний, улучшая эффективность маркетинга и устанавливая долгосрочные связи с пользователями. Эта работа важна для научного сообщества, так как рассматривает специфику маркетинга мобильных игр, малоизученную в российской науке.

Основная часть (методология, результаты)

В рамках работы проводится детальный анализ существующих подходов к маркетинговому продвижению в индустрии gamedev, включая изучение различных методов и инструментов digital-продвижения (Таблица) [3].

Таблица. Сравнительный анализ методов digital-продвижения мобильных приложений в сфере gamedev

Инструменты / Критерии оценивания	Взаимодействие с узкими сегментами ЦА	Широкий охват пользователей	Платность трафика	Прямое взаимодействие с игроком	Повышение узнаваемости игры	Увеличение числа скачиваний игры
Таргетированная реклама	+	+	+	-	+	+
Контекстная реклама	+/-	-	+	-	+/-	+
Медийная реклама	-	+	+	-	+	+/-
ASO-оптимизация	-	+	-	+	+	+
Локализация	+	-	-	-	+/-	-
Инфлюенс-маркетинг	+/-	+	+/-	-	+	+
SMM	+/-	+/-	+/-	+	+/-	-

Особое внимание уделяется концепции маркетинга впечатлений и разработке авторского метода продвижения мобильных приложений, основанного на этой концепции. Метод включает 13 этапов: анализ макросреды и компании, анализ продукта, SWOT-анализ, постановку целей, определение возможностей, разработку концепции продвижения, выбор стратегических альтернатив, инструментов и каналов продвижения, реализацию стратегии, анализ и оценку эффективности, а также рекомендации для корректировки стратегии. Каждый этап предполагает глубокий и последовательный анализ аспектов маркетинговой деятельности компании и оценку эффективности используемых методов и инструментов. Метод представляет собой итеративный процесс, требующий корректировки стратегии продвижения на основе результатов последнего этапа. Также проводится апробация разработанного метода на конкретных примерах, таких как игра в жанре симуляторов Terragenesis, казуальная игра Canvas Run, головоломка Nonogram.com и экшн-игра Need For Speed Mobile. Каждое приложение анализируется с учетом его особенностей и целевой аудитории, а также эффективности применения авторского метода продвижения.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В рамках исследования достигнуты все поставленные цели, включая разработку уникального метода продвижения мобильных приложений в сфере gamedev на основе маркетинга впечатлений. Проведено исследование мирового рынка gamedev, выявлены проблемы и особенности продвижения, а также паттерны потребительского поведения. Изучены и применены концепции маркетинга впечатлений, проведены эмпирические исследования и апробация нового метода. Анализированы существующие подходы и разработана стратегия, проверенная на четырех практических кейсах. Направления дальнейших исследований включают более глубокое изучение методов продвижения, поведения пользователей, интеграцию искусственного интеллекта и изучение новых платформ и технологий.

Список использованных источников

1. Beating banner blindness: what the online advertising industry can do to make display matter again. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://resources.infolinks.com/static/eyetracking-whitepaper-per.pdf> (дата обращения: 20.06.2024).
2. Мобильные игры в России аналитический отчет по данным Mediascope май 2022. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://mediascope.net/library/presentations/Mobile%20games%20audience%20in%20Russia_Mediascope.pdf (дата обращения: 20.06.2024).
3. Шевченко Д.А. Эффективность digital-маркетинга на виртуальных рынках: обзор существующих подходов и методик / Д.А. Шевченко. – Текст: непосредственный // Практический маркетинг. – 2019. – №. 11. – С. 10–15.

Выпускник

Катернюк Елена Владиславовна

институт международного развития и партнерства

e-mail: elenkat013@gmail.com

Научный руководитель

Фурсов Константин Сергеевич

к.соц.н., лауреат ИТМО Fellowship, ведущий эксперт Центра научной коммуникации

e-mail: kfursov@itmo.ru

УДК 30.308

**ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ РЫНКА ТРУДА
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ML-СООБЩЕСТВА В РОССИИ**

Работа выполнена в рамках темы НИР №622266 «Наука и технологии для человека: проблематизация доверия через междисциплинарные и креативные практики».

Ключевые слова

Машинное обучение, искусственный интеллект, рынок труда, IT, HR, DevRel.

Цели и задачи

Согласно докладу Всемирного экономического форума «Будущее рабочих мест» [1], в ближайшие годы численность специалистов по искусственному интеллекту и машинному обучению вырастет на 40%, что создаст около 2,6 миллионов новых рабочих мест. Это позволяет рассматривать данный сегмент рынка в качестве одного из самых стремительно развивающихся и изменяющихся [2], однако вопросы его внутренней структуры и особенностей формирования пока остаются мало изученными. Актуальность нашего исследования состоит в заполнении пробела, связанного с выявлением и анализом характерных (проявляющих себя) тенденций развития рынка труда машинного обучения в России, который предлагается рассматривать не как систему обмена благами, а как продукт взаимодействия его участников, действия которых зависят от сложившихся структурных связей [3]. В этой связи ключевым аспектом и целью нашего исследования становится изучение коммуникационных стратегии компаний, нацеленных на привлечение и развитие профессионального сообщества специалистов в области машинного обучения (ML-специалистов). Для достижения данной цели мы поставили следующие задачи: 1. Оценить релевантные образовательные программы и инициативы на предмет компетенций, которые они формируют. 2. Проанализировать описания вакансий в области машинного обучения и выделить ключевые навыки и требования, предъявляемые к специалистам, а также образ

работодателя, который они транслируют. 3. На основе серии экспертных интервью оценить основные коммуникационные стратегии по работе с ML-специалистами. 4. Оценить компании-лидеры в сфере машинного обучения, в том числе с точки зрения их привлекательности как работодателей. 5. Выявить инструменты коммуникации в профессиональном ML-сообществе.

Основная часть (методология, результаты)

Основными методами в данной работе стали анализ открытых источников информации (кабинетное исследование), а также серия полуструктурированных интервью с представителями российских компаний-лидеров в этой сфере. В рамках кабинетного исследования были выявлены и проанализированы российские организации, которые являются лидерами в сфере разработки и использования технологий машинного обучения или же активно выстраивают свой бренд вокруг ML-экспертизы. Все проанализированные нами компании относятся к сфере IT, финтеха, рекламы, образования, e-commerce, причем чаще всего это крупные компании-экосистемы, которые сочетают в себе большое количество сервисов. В работе мы оценивали, как компания позиционирует себя в качестве работодателя, какие сервисы развивает, какие проводит мероприятия для ML-специалистов, ведет ли экспертные блоги и имеет ли образовательные инициативы в области Data Science. Мы также изучили вакансии из различных каналов и агрегаторов, включив в анализ названия вакансий, описание компаний-работодателей и условия трудоустройства. Наконец, мы проанализировали курсы, которые посвящены темам машинного обучения, чтобы оценить, как описывают рынок труда создатели курса для потенциальных покупателей — какие перспективы ждут молодых специалистов на рынке, какие преимущества они получают, овладев новой профессией, а также сравнить компетенции выпускников данных программ с требованиями работодателей.

Выборка основывалась на выявленной группе компаний-лидеров — мы старались подбирать кандидатов таким образом, чтобы у них был опыт в области развития человеческих ресурсов или работы с профессиональными сообществами разработчиков (HR и/или DevRel). В конечном итоге нами была выбрана стратегия целевой выборки и выборки по методу снежного кома [4]. В рамках работы мы опросили 15 респондентов из 13 разных компаний в сфере геоаналитики, финансов, IT, e-commerce из России и двух стран СНГ.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В ходе работы мы сделали ряд следующих выводов:

1. Рынок машинного обучения в России динамично развивается, но его темпы роста трудно прогнозировать из-за стремительного развития технологий и их внедрения в различные сферы.
2. Дефицит квалифицированных специалистов в области машинного обучения и Data Science вынуждает компании адаптировать свои рекрутинговые стратегии, включая холодный поиск и создание специализированных воронок контактов.
3. Отсутствие стандартизированной классификации специалистов в области машинного обучения и Data Science создает трудности в процессе найма и оценки кандидатов, что приводит к снижению качества коммуникации между работодателями и соискателями.
4. Компании используют разнообразные каналы для привлечения ML-специалистов, включая научные конференции, митапы, хакатоны и экспертные телеграм-каналы, а также развивают собственные образовательные программы и партнерства с вузами.

5. При выборе работы ML-специалисты отдают предпочтение компаниям с интересными продуктами, передовым технологическим стеком, возможностями для исследований и сильной корпоративной культурой, что подчеркивает важность не только технических аспектов, но и общей рабочей среды.

В качестве перспективы развития данного исследования мы видим количественный опрос ML-специалистов, а также анализ коммуникационных стратегий менее крупных компаний (например, стартапов). Интересно будет изучить также, куда идут работать выпускники онлайн-курсов по машинному обучению и Data Science, а также какие компетенции они приобретают при переходе к следующим грейдам.

Список использованных источников

1. The Future of Jobs Report. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.weforum.org/publications/the-future-of-jobs-report-2023/> (дата обращения: 05.05.2024).
2. The 2023 AI and Machine Learning Research Report. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.rackspace.com/sites/default/files/2023-02/AI-Machine-Learning-Research-Report.pdf> (дата обращения: 25.04.2024).
3. Радаев В. Что такое рынок: экономико-социологический подход// Общественные науки и современность. – 2007. – №. 4. – С. 117–132.
4. Babbie, E. The practice of social research. – CENGAGE Learning Custom Publishing, 2014. Ускорение анализа данных на GPU с RAPIDS. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://info.nvidia.com/accelerate-gpu-data-analysis-with-rapids-reg-page.html> (дата обращения: 20.12.2019).

Выпускник

Комарова Алёна Алексеевна
факультет цифровых трансформаций
e-mail: alenakomarova09@gmail.com

Научный руководитель

Кованцев Антон Николаевич
преподаватель факультета цифровых трансформаций
e-mail: ankovantcev@itmo.ru

УДК 530.182

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ХАОТИЧЕСКИХ СИСТЕМ
С ПОМОЩЬЮ РЕЗЕРВУАРНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ**

Ключевые слова

Хаотические системы, временные ряды, модели эхо-состояний, резервуарные вычисления, нейронные сети, машинное обучение.

Цели и задачи

В текущей научной и инженерной практике существует значительная проблема с прогнозированием хаотических временных рядов: многие существующие методы не обеспечивают необходимой точности и работают достаточно долго, при том, что скорость прогнозирования зачастую имеет решающее значение. Для решения этих проблем в работе предлагается использовать резервуарные нейронные сети, способные адаптироваться под хаотическую динамику систем и обучаться за меньшее, в сравнении со стандартными моделями, время.

Цель исследования — разработать модели резервуарных вычислений для прогнозирования хаотических временных рядов. Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи: разработать и оптимизировать модели резервуарных вычислений, провести серию экспериментов по прогнозированию детерминированных и хаотических временных рядов, сравнить результаты с традиционными методами машинного обучения и исследовать зависимость хаотических показателей от прогностических способностей моделей.

Основная часть (методология, результаты)

Сети эхо состояний (ESN) или резервуарные нейронные сети являются подвидом моделей рекуррентных нейронных сетей (Рисунок [2]). Рекуррентные нейронные сети (RNNs) характеризуются петлями обратной связи, благодаря которым модели такого вида обладают

динамической памятью. В процессе обучения моделей для конкретной задачи происходит обновление весов, в результате чего модели могут имитировать целевую систему — в принципе, с произвольной точностью. Обычно для обучения моделей используется метод обратного распространения ошибки, но за счет циклических связей в рекуррентных моделях, обучение происходит медленно и неэффективно. Подход ESN отличается от этих методов тем, что во время обучения модифицируются только значения весов от RNN к выходным считывающим нейронам; предыдущие методы настраивают все веса. Поскольку между обучаемыми весами нет циклических зависимостей, обучение ESN становится простой задачей линейной регрессии [1].

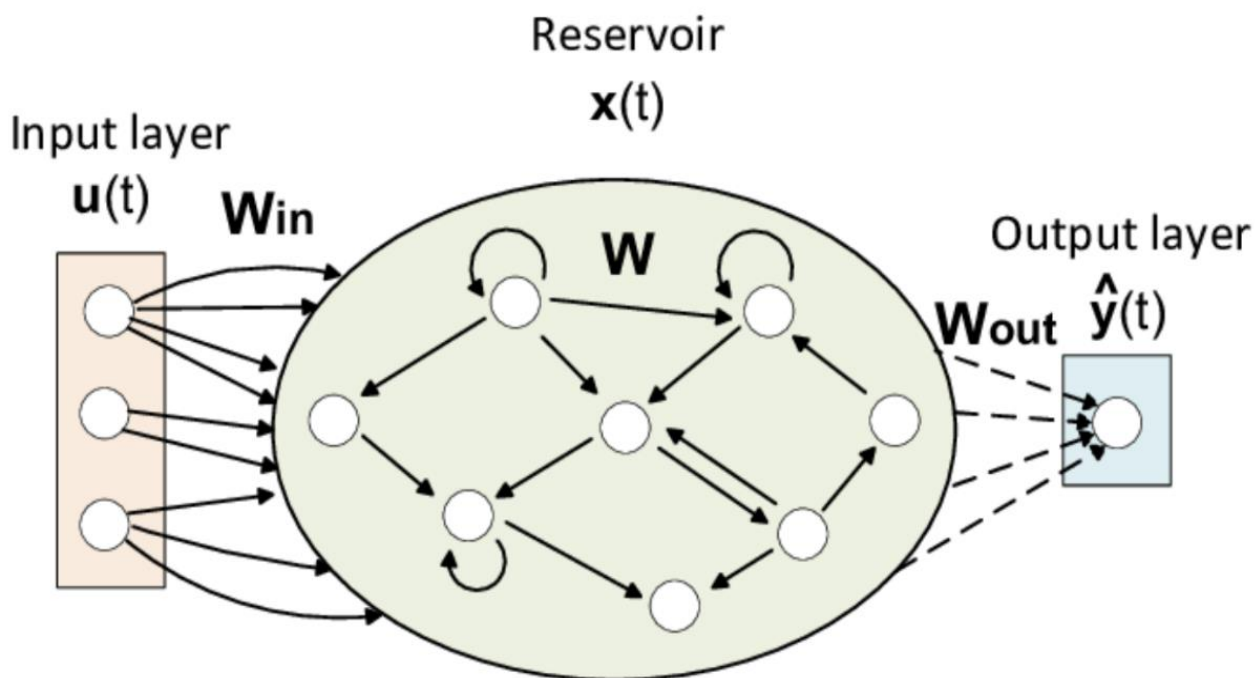


Рисунок. Архитектура резервуарной нейронной сети

В данном исследовании проведено сравнение семи различных моделей для предсказания хаотических временных рядов: ESN, Hierarchical ESN, Deep ESN, ESN + feedback, LSTM, GRU, и ARIMA. Эксперименты были проведены как на детерминированных рядах, так и на недетерминированных, таких как банковский клиентопоток и биржевые котировки, которые, как отмечал Бенуа Мандельброт [3], демонстрируют хаотическое поведение и фрактальный характер.

Результаты позволяют сделать вывод о превосходстве моделей резервуарных нейронных сетей в контексте предсказания временных рядов Макки-Гласса и Лоренца. Исследование предсказуемости цен на акции компании из S&P 500 и банковского клиентопотока также показало превосходство резервуарных моделей над базовыми моделями.

Это превосходство резервуарных сетей может быть обусловлено их уникальной архитектурой, которая позволяет эффективно обрабатывать сложные динамики и взаимосвязи в данных.

Кроме того, проведено сравнение скорости работы моделей и их затрат на память. Модели резервуарных нейронных сетей (ESN, Hierarchical ESN, Deep ESN) проявили себя оптимально с точки зрения эффективности в данных аспектах.

Также, за счет найденной связи между показателем Херста и значением ошибок моделей можно выдвинуть предположение, что ряды, близкие к случайному шуму лучше поддаются предсказаниям с помощью моделей резервуарных нейронных сетей. Таким образом, можно определить область применения данных моделей и использовать это предложение при выборе моделей для прогнозирования.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В ходе исследования были реализованы модели предсказания хаотических временных рядов на основе резервуарных вычислений, превосходящие по точности и по эффективности использования стандартные модели. Данные модели могут быть применимы для решения прикладных задач, как тех, что были рассмотрены в ходе работы, так и тех, которые также предполагают взаимодействие с хаотическими временными рядами.

В дальнейших исследованиях планируется расширить анализ, включив в рассмотрение другие варианты архитектур моделей ESN, эксперименты с разными распределениями внутри резервуаров, а также подробное рассмотрение технических параметров для оптимизации прогностической способности моделей. Дополнительные эксперименты позволят более глубоко понять особенности применения резервуарных нейронных сетей в различных сценариях прогнозирования хаотических временных рядов.

Список использованных источников

1. Harnessing J.H. Nonlinearity: Predicting Chaotic Systems and Saving Energy in Wireless Communication // Science. – 2004. – Vol. 304. – №. 5667. – Pp. 78–80. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1091277>.
2. Skibinsky-Gitlin E.S. et al. Cyclic Reservoir Computing with FPGA Devices for Efficient Channel Equalization // Lecture Notes in Computer Science. – 2018. – Pp. 226–234. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-91253-0_22.
3. Mandelbrot B.B., Hudson R.L. The (Mis)Behaviour of Markets. Profile Books, 2010. – 328 p.

Выпускник

Конаков Александр Михайлович

факультет безопасности информационных технологий

e-mail: Helium1937@yandex.ru

Научный руководитель

Лившиц Илья Иосифович

д.т.н., профессор факультета безопасности информационных технологий

e-mail: livshitz.il@yandex.ru

УДК 004

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ГОТОВНОСТИ КРИТИЧЕСКОЙ
ИНФОРМАЦИОННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ**

Работа выполнена в рамках темы НИР №623106 «Автономные интеллектуальные системы».

Ключевые слова

Информационная безопасность, оценка рисков, анализ угроз, моделирование процессов, анализ данных.

Цели и задачи

Обеспечение безопасности и функционирования критической информационной инфраструктуры (КИИ) является одним из наиболее актуальных вопросов в современном мире, особенно в условиях быстрого развития цифровых технологий и увеличения рисков и угроз кибербезопасности [1]. Для обеспечения непрерывного функционирования КИИ и повышения её уровня безопасности и устойчивости к угрозам, необходимы новые методы и подходы к защите, соответствующие требованиям нормативно-правовых и методических документов регуляторов и других органов государственной власти [2]. Эти методы и подходы должны быть способны противостоять современным угрозам и снижать риски их реализации. Для обеспечения безопасности и функционирования критической инфраструктуры, необходимо разработать комплексную методику, функционал и возможности которой позволяют по-новому подойти к реализации мер по защите информационно - технологических систем, обучению и подготовке персонала, результативности принимаемых мер и средств защиты на различных уровнях. Предполагается, что данная Методика позволит оценить необходимые потребности и дать конкретный ответ на вопрос: «Сможет ли предприятие обеспечить полноценную и результативную защиту объектов критической инфраструктуры в полной мере?».

Основная часть (методология, результаты)

Разработанная Методика включает в себя 3 последовательных модуля оценки (каждый из которых является критерием для итогового оценивания готовности объекта КИИ):

1. Оценка уровня теоретической и практической подготовки специалистов (Критерий 1) [3].
2. Оценка организационной составляющей обеспечения безопасности объекта КИИ (Критерий 2).
3. Оценка технической составляющей обеспечения безопасности объекта КИИ (Критерий 3).

Общая схема поэтапного порядка работы Методики и осуществления мероприятий по оценке готовности объекта КИИ, начиная с момента формирования заявки на проведение работ до получения итогового значения (конечного результата, указываемого в Протоколе оценки), спроектирована с помощью нотации IDEF0 и представлена на рисунке [4].

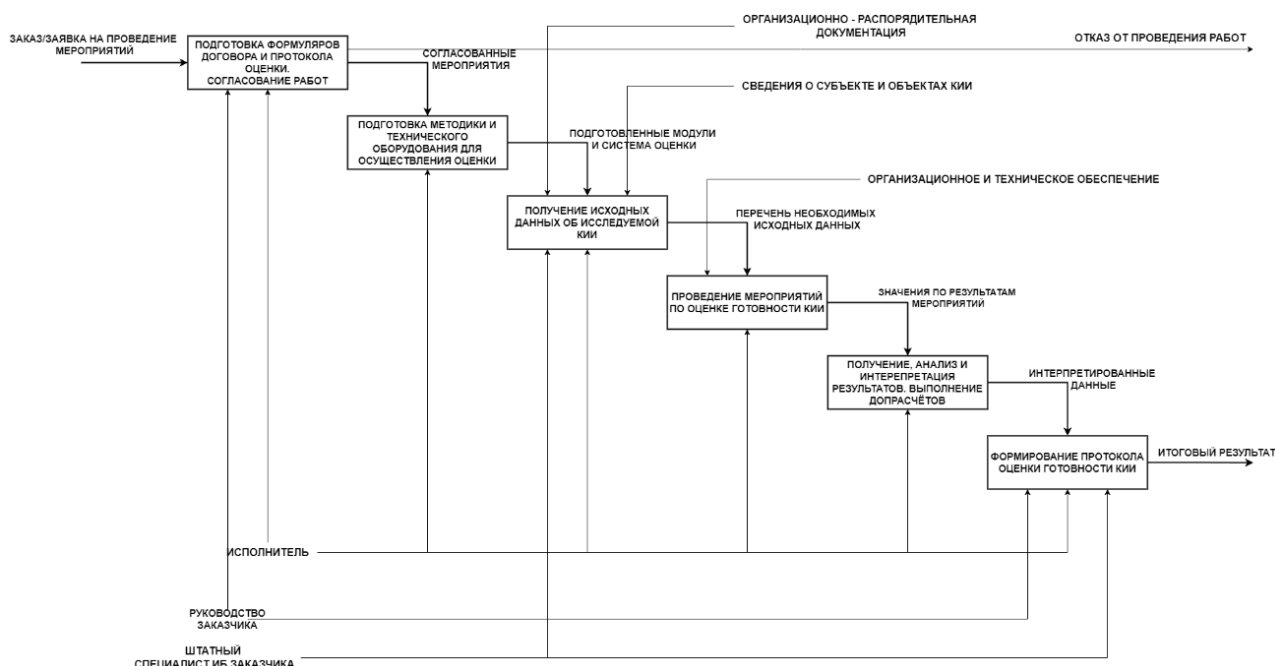


Рисунок. Осуществление оценки готовности КИИ в нотации IDEF0

По результатам работы всех трёх модулей, осуществляется расчет итоговой оценки готовности объекта КИИ по следующей формуле (1):

$$K_{rdn} = X_{cp} * Wf_1 + K_{росз} * Wf_2 + K_{ртсз} * Wf_3, \quad (1)$$

где K_{rdn} – численное значение коэффициента оценки готовности КИИ (Rdn – «readiness» – «готовность»); X_{cp} – усредненное общее значение уровня подготовки персонала; $K_{росз}$ – коэффициент результативности организационной составляющей мер защиты; $K_{ртсз}$ – коэффициент результативности технической составляющей мер защиты; $Wf_{1,2,3}$ – весовые коэффициенты критериев оценки уровня готовности.

И на основании полученных оценок, формируются сводные таблицы по всем полученным значениям (с учетом их интерпретации), которые в дальнейшем, включаются в разработанный Протокол оценки уровня готовности КИИ, по результатам проведенных мероприятий. Одна из таких таблиц, в которой указаны значения, полученные в ходе работы каждого модуля Методики представлена ниже.

Таблица. Результаты проведения мероприятий по оценке готовности объекта КИИ

№ п.п.	Наименование оценки	Итоговый результат	Дополнительная информация
Критерий 1	Уровень подготовки специалистов	В числовом выражении; В % выражении	Методические рекомендации по повышению уровня подготовки специалистов; Динамика роста уровня подготовки (указание значений $X_{ср}$, X_{min} , X_{max}); Значение риска в зависимости от уровня подготовки
Критерий 2	Уровень организационной составляющей обеспечения безопасности КИИ	В числовом выражении; В % выражении	Выявленные недостатки; Пояснения, где необходимо усилить принимаемые меры; Остаточный риск от организационной составляющей
Критерий 3	Уровень технической составляющей обеспечения безопасности КИИ	В числовом выражении; В % выражении	Выявленные недостатки; Пояснения, где необходимо усилить принимаемые меры; Остаточный риск от технической составляющей
Общий итоговый критерий	Итоговая оценка готовности КИИ	Качественная оценка (характеристика); Количественная оценка (% соотношение)	Один из уровней диапазона готовности (Красный, Оранжевый, Желтый, Синий, Зеленый) и рекомендации для перехода на следующий уровень (повышение уровня)

Система оценки готовности объекта КИИ разработана в виде 5 уровней готовности, каждому из которых соответствует численный диапазон рассчитанного коэффициента оценки (K_{rdn}), процентное соотношение, а также качественная характеристика и ранговый индикатор оценки рисков каждого уровня.

Также для повышения объективности проведения оценки и получения итогового результата, в самой Методике сформулированы и введены дополнительные условия и ограничения, регламентирующие анализ итоговых значений результативности принимаемых мер защиты и общей оценки готовности объекта КИИ.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В ходе проведения исследования были разработаны полноценные проект Методики и Протокол оценки готовности объекта КИИ и успешно апробированы на двух предприятиях информационно – технологического сектора г. Санкт-Петербурга (результаты отражены в актах о внедрении).

В рамках работы проводился анализ разработанных и опубликованных на данный момент методических документов и подходов к оценке готовности критических инфраструктур и результативности принимаемых мер защиты (в том числе проектов таких методик), а также анализировались особенности и аспекты осуществления процессов безопасности КИИ в современных условиях информационно – технологической среды.

Проведенное исследование показало, что разработанная Методика позволяет проводить комплексную оценку уровня защищенности КИИ, идентифицировать и определять уязвимости и риски, а также определять необходимые меры по повышению уровня готовности и реагирования на угрозы.

В качестве перспектив дальнейшего развития и более углублённого изучения и разработки выбранной тематики, могут быть предложены следующие нововведения:

1. Проведение исследований на возможность интеграции дополнительных условий, позволяющих повысить точность с точки зрения объективности проведения оценки готовности КИИ. Анализ их применимости в контексте разработанной Методики.
2. Разработка модуля оценки рисков и угроз безопасности объектов КИИ на основе динамического моделирования и структурно – параметрических моделей (прогнозирование наиболее точного временного периода нанесения ущерба исходя из внутренних и внешних факторов информационно – технологической среды) [5].
3. Разработка рекомендаций и оптимального пути подбора внедряемых мер и средств защиты КИИ исходя из динамических характеристик самого объекта и горизонта его функционирования.
4. Возможность реализации комбинирования (по методу «горячей замены») уже разработанных и апробированных модулей Методики с разрабатываемыми.

Список использованных источников

1. Конаков А.М. Подходы к обеспечению безопасности объектов КИИ: моделирование угроз // Молодежь и наука на Севере: материалы докладов IV Всероссийской (XIX) молодежной научной школы-конференции (Сыктывкар, 21-25марта 2022г.) [сборник тезисов конференции]. – 2022. – Т. I. – С. 52–53.
2. Построение систем управления информационной безопасностью (ISO 27001). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.amt.ru/bcp> (дата обращения: 30.04.2024).
3. Конаков А.М. Основные аспекты подготовки специалистов в области обеспечения безопасности критической информационной инфраструктуры // Академическая весна: материалы XI Межрегионального молодёжного научного форума (Сыктывкар, 27–31 марта 2023 г.). – 2023. – С. 53–56.
4. Методология функционального проектирования IDEF0: Учеб. пособие по курсу «Технология разработки программного обеспечения» для студ. спец. 40 01 01 «Программное обеспечение информационных технологий дневной формы обучения» В.В.Бахтизин, Л.А.Глухова. – Мн.: БГУИР, 2003. – 24 с.: ил.
5. Щеглов А.Ю., Щеглов К.А. Математические модели и методы формального проектирования систем защиты информационных систем. Учебное пособие. – СПб: Университет ИТМО, 2015. – 93 с.

Выпускник

Коновалова Юлия Сергеевна

факультет технологического менеджмента и инноваций

e-mail: YK_brunette98@mail.ru

Научный руководитель

Бурцев Даниил Сергеевич

к.с.-х.н., доцент факультета технологического менеджмента и инноваций

e-mail: dsburtcev@itmo.ru

УДК 338.1

**РОЛЬ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ В ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ
ЛЕСНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ: ОСОБЕННОСТИ В УСЛОВИЯХ
ЭКОНОМИЧЕСКИХ ОГРАНИЧЕНИЙ**

Работа выполнена в рамках темы НИР №623109 «Университет как платформа для экосистемы воспроизводства человеческого капитала: концепция управления».

Ключевые слова

Цифровая трансформация, лесная промышленность, высшее образование, университет, экономические ограничения, инновации.

Цели и задачи

Актуальность темы исследования обусловлена тем, что лесная промышленность сталкивается с рядом препятствий, мешающих цифровой трансформации отрасли, а именно с нехваткой цифровых компетенций кадров, неравномерным распределением цифровизации, недоступностью информации, недостатком инфраструктуры, монополизацией отрасли. Перечисленные проблемы ужесточаются в связи с тем, что существующие цифровые решения уходят с рынка России. Соответственно, их необходимо менять и внедрять отечественные, а для этого нужны кадры с высшим образованием. Исходя из этого, целью исследования является разработка модели взаимодействия лесной промышленности с университетами для повышения уровня цифровой трансформации (ЦТ). Для достижения поставленной цели была определена роль высшего образования в ЦТ лесной промышленности; изучено влияние экономических ограничений на роль вузов в ЦТ лесной промышленности; оценен уровень ЦТ лесной промышленности; проведен анализ цифровых компетенций в лесных и технических вузах России; составлена матрица цифровых компетенций персонала лесной промышленности; сформирована модель взаимодействия университетов с предприятиями лесной промышленности; выделена наиболее подходящая и перспективная модель

сотрудничества; проанализированы риски выбранной модели взаимодействия университетов и лесной промышленности; разработаны рекомендации по минимизации высоких рисков в рамках выбранной модели.

Основная часть (методология, результаты)

Определена роль высшего образования в цифровой трансформации лесной промышленности, в том числе в условиях экономических ограничений, которая заключается в воспроизводстве кадров для ЦТ и в создании технологий, необходимых для проведения цифровой трансформации. В условиях экономических ограничений произошло повышение роли высшего образования в ЦТ лесной промышленности, так как произошел отток ИТ-специалистов, появилось ограничение к поставкам зарубежного оборудования и технологий, произошло снижение инвестиций в отрасли, снизились темпы внедрения новых технологий, уменьшилась инновационная активность, появились сложности в работе с отечественными программными продуктами и оборудованием. Решением перечисленных проблем может выступать усиление сотрудничества компаний лесной промышленности с университетами с целью закрытия кадрового дефицита, заключение договоров с университетами на выполнение НИОКР по заказу лесной промышленности, создание курсов по повышению квалификации и/или профессиональной переподготовки на базе вузов для персонала лесной промышленности.

Проведен анализ «цифровых» профилей лесных специальностей в университетах России, который показал, что лесные вузы не способны воспроизвести кадры для ЦТ, так как они готовят студентов по старым и неактуальным программам, для ЦТ у них отсутствуют компетенции, и они не создают цифровые технологии [1]. Из-за чего на рынке возник дефицит специалистов, который составляет 9 тысяч человек. Также был рассмотрен сайт HH.ru и сделан вывод, что вакансий публикуется много, а откликаются на них мало [2]. Ежегодно лесной промышленности требуется 3–15 тысяч специалистов с высшим образованием, а потребность в переподготовке персонала для ЦТ составляет 7 тысяч человек.

Создана методика оценки уровня ЦТ предприятий лесной промышленности. Методика поможет предприятиям оценить свой текущий уровень ЦТ. На основе результатов проведенной оценки компании смогут разработать стратегию цифровой трансформации, что особенно важно и актуально в условиях экономических ограничений. При помощи созданной методики определен уровень ЦТ лесной промышленности с помощью количественной оценки уровня цифровизации бизнес-процессов и масштаба компании, а также с помощью анализа эффекта от реализации проектов ЦТ и сложности применяемых технологий, которые дали одинаковые результаты. В таблице 1 представлены результаты расчетов для трех российских и трех зарубежных компаний.

Таблица 1. Сравнение результатов расчета уровня цифровой трансформации

Наименование компании	Наименование показателя	
	Качественная оценка, полученная первым способом оценки уровня ЦТ	Качественная оценка, полученная вторым способом оценки уровня ЦТ
Segezha Group	Средний уровень	Средний уровень
Группа «Илим»	Высокий уровень	Высокий уровень
Компания Свеза	Средний уровень	Средний уровень
West Fraser	Средний уровень	Средний уровень
Weyerhaeuser Company	Средний уровень	Средний уровень
Canfor Corporation	Высокий уровень	Высокий уровень

Рассчитаем уровень цифровой трансформации на примере компании Segezha Group. Значение уровня ЦТ для первого способа расчета ($У1$; уровень цифровизации и масштаб компании): крупный бизнес (9 баллов – высокий, 6 баллов – средний, 3 балла – низкий); средний бизнес (6 баллов – высокий, 4 балла – средний, 2 балла – низкий); малый бизнес (3 балла – высокий, 2 балла – средний, 1 балл – низкий). Оценка масштаба компании ($М_0$): 1 балл – до 50 сотрудников – малый бизнес; 2 балла – от 50 до 250 сотрудников – средний бизнес; 3 балла – более 250 сотрудников – крупный бизнес. Компания относится к крупному бизнесу (3 балла). Оценка уровня цифровизации бизнес-процессов ($БП_0$): цифровизированы более 10 бизнес-процессов – 3 балла – высокая цифровизация; цифровизированы от 6 до 10 бизнес-процессов – 2 балла – средняя цифровизация; цифровизированы менее 5 бизнес-процессов – 1 балл – слабая цифровизация. У компании цифровизированы 8 бизнес-процессов верхнего уровня, направленных на реализацию стратегических целей компании (2 балла). Уровень цифровой трансформации Segezha Group с помощью первого способа расчета равен 6 баллам ($У1 = БП_0 * М_0$), что является средним уровнем ЦТ. Значение уровня ЦТ для второго способа расчета ($У2$; эффект от реализации проектов и сложность технологий): от 15 до 21 баллов – высокий; от 8 до 14 баллов – средний; от 1 до 7 – низкий. Оценка сложности технологий ($Т_0$): 1 балл – низкая сложность (использование стандартных решений для автоматизации процессов); 2 балла – средняя сложность (разработка мобильных и веб-приложений); 3 балла – высокая сложность (применение передовых и инновационных решений). Сложность технологий в проектах ЦТ равна 3 балла. Оценка эффекта от реализованных проектов ($Э_0$): взята эталонная модель, которая включает в себя основные эффекты, которые получают компании при проведении проектов в рамках ЦТ (от 1 до 7 баллов). Эффект от проектов ЦТ в компании равен 4 балла. Уровень цифровой трансформации Segezha Group с помощью второго способа расчета равен 12 баллам ($У2 = Э_0 * Т_0$), что является средним уровнем ЦТ. Таким образом, результаты сошлись. Из таблицы можно заметить, что уровень ЦТ лесной промышленности является средним, что подтверждают и многочисленные отечественные и иностранные исследования [3].

Анализ содержания цифровых компетенций в рабочих программах дисциплин, преподающихся в лесных и технических вузах России для определения % дисциплин, формирующих цифровые навыки, показал, что в среднем в лесных вузах 31% дисциплин имеют заложенные цифровые компетенции, а в технических вузах 80% [4]. В технических университетах реализуются дисциплины про данные, современные технологии, ИТ-архитектуру, а в лесных вузах преподаются дисциплины, которые привязаны сугубо к отраслевым ИТ-решениям.

На основании проведенного анализа выделены 3 возможные модели взаимодействия высшей школы и лесной промышленности и выбрана наиболее перспективная модель благодаря изучению их специфики с помощью метода сравнения. Модель «Технический университет и отраслевая компания» поможет преодолеть возникший компетентностный разрыв, так как благодаря отраслевой компании у выпускников появятся актуальные знания о лесной промышленности, а за счет технического университета будет высокий уровень цифровых компетенций. В процессе сотрудничества университет будет предоставлять индустриальному партнеру кадры, знания, результаты НИР/НИОКР, патенты, лицензии, МТР, консалтинговые услуги, в ответ на финансирование, знания, МТР и преподавателей-практиков со стороны компании. В результате была проведена оценка 12 рисков выбранной модели на основе экспертного опроса по выбранной модели взаимодействия и даны рекомендации по минимизации высоких рисков. В таблице 2 представлена получившаяся матрица оценки рисков.

Все высокие риски специфичны для лесной промышленности. Обозначение рисков: Ж – низкий уровень мотивации выпускников к трудоустройству в лесной промышленности (факторы: низкий престиж профессии; низкая оплата труда; географические особенности); В – возможность возникновения финансовых ограничений вследствие нестабильности на рынке лесной промышленности (факторы: рыночные колебания; лесные пожары); З – несоответствие цели партнерства между техническим вузом и компанией лесной промышленности (факторы:

стремление технического вуза к академическим исследованиям, а отраслевой компании к практическим результатам). Приведем пример рекомендаций для первого риска и третьего фактора (географические особенности). Зачастую лесные компании находятся далеко от крупных городов. Молодежь не хочет ехать в маленькие города, где нет инфраструктуры. Рекомендуется устранить риск с помощью предоставления жилья по месту работы, либо организовав дистанционный режим работы для сотрудников.

Таблица 2. Матричный метод оценки рисков модели взаимодействия «Технический университет и отраслевая компания»

		Возможность возникновения				
		1 Очень низкая	2 Низкая	3 Средняя	4 Высокая	5 Очень высокая
Последствия	5 Катастрофические					Ж
	4 Существенные		И, М		В, З	
	3 Средние	К		Д, Е, Л	Б, Г	
	2 Низкие		А			
	1 Незначительные					

Кроме перечисленных результатов была сформирована матрица цифровых компетенций персонала лесной промышленности для ЦТ и разработана дорожная карта сотрудничества технического вуза и отраслевой компании.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

Таким образом, был проведен расчет уровня цифровой трансформации лесной промышленности с помощью двух способов, которые показали, что уровень ЦТ лесной отрасли является средним. Сформирована матрица цифровых компетенций персонала лесной промышленности на основе функционала бизнес-процессов наиболее важных для предприятий лесной отрасли, с помощью которой было выявлено, что к управленческому персоналу предъявляются более высокие требования к цифровым компетенциям (на 48%), чем к рабочему персоналу, однако по некоторым компетенциям у второй категории более высокий уровень требований (работа с передовым оборудованием), а другие компетенции одинаково важны для обеих групп (знание опыта использования цифровых технологий в лесной промышленности; взаимодействие с использованием информационно-коммуникационных технологий и знание этики в цифровом пространстве). На основе изучения специфики рассматриваемых моделей и анализа цифровых компетенций в лесных и технических вузах России была выбрана наиболее перспективная модель, а именно модель сотрудничества технического университета и отраслевой компании. На основе экспертного опроса была построена матрица оценки рисков выбранной модели, которая показала, что к высоким рискам относятся: низкий уровень мотивации выпускников к трудоустройству в лесной промышленности (социальный риск); несоответствие цели партнерства между техническим университетом и отраслевой компанией (организационный риск); нестабильность рынка лесной промышленности (финансовый риск).

Так как в рамках одной работы сложно затронуть все аспекты, в дальнейшем исследовании в аспирантуре планируется подробнее раскрыть ограничения предложенной модели взаимодействия для ее практической реализации.

Список использованных источников

1. Вузы России 2023. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://vuzopedia.ru/vuz> (дата обращения: 05.10.2023).
2. Официальный сайт hh.ru. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://hh.ru/> (дата обращения: 28.12.2023).
3. Kankaanhuhta V., Paakkala T., Väätäinen K. Digital Transformation of Forest Services in Finland – A Case Study for Improving Business Processes // Forests. – 2021. – Vol. 12(6). – P. 781.
4. Вузы России 2024. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://spb.postupi.online> (дата обращения: 14.03.2024).

Выпускник

Кошельков Виталий Сергеевич

факультет программной инженерии и компьютерной техники

e-mail: mail@koshelkov.ru

Научный руководитель

Жуков Николай Николаевич

к.ф.-м.н., преподаватель факультета программной инженерии и компьютерной техники

e-mail: nnzhukov@itmo.ru

УДК 004.04

**ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И РЕАЛИЗАЦИИ
СОВРЕМЕННЫХ ВЕБ-СЕРВИСОВ В ОБЛАСТИ HR**

Ключевые слова

Веб-сервис, управление персоналом, математическая модель, архитектура, производительность.

Цели и задачи

Персонал — ключевой ресурс для любой компании, и затраты на него могут составлять до 75% себестоимости продукции или услуг. Необходимо точное планирование и анализ затрат на персонал, так как они ключевым образом влияют на результаты деятельности компании. В сфере информационных технологий в России важно вести грамотную кадровую политику для сохранения специалистов. Исходя из этого, разработка веб-приложений в области управления персоналом требует тщательного выбора технологий и проектирования, что определяет производительность и масштабируемость продукта. Цель исследования: выявление и обоснование требований, критериев и принципов для проектирования современных веб-сервисов в области управления персоналом на российском рынке.

Основная часть (методология, результаты)

В рамках исследования был проведен тщательный анализ научных работ, посвященных веб-сервисам в области управления персоналом, что позволило выявить ключевые технологии, используемые при их проектировании и разработке. Особое внимание было уделено применению современных тенденций при разработке веб-приложений в области бюджетирования и анализа затрат на персонал [1]. Отмечена нехватка отечественных исследований в данной области, что указывает на перспективы для дальнейшего изучения и создания российских информационных систем управления персоналом.

Для российского рынка были сформулированы требования к проектированию веб-сервисов в области управления персоналом, включая начальное использование монолитной архитектуры с возможностью последующего перехода на микросервисную архитектуру, применение языка программирования TypeScript в сочетании с фреймворком Express и выбор реляционной системы управления базами данных PostgreSQL. Были определены критерии для отбора технологий, подходящих для стартапов, и рассмотрена замена некоторых из них на отечественные аналоги.

В ходе работы была спроектирована модель веб-приложения в области управления персоналом, изучены подходы к оценке ее производительности, а также определен набор инструментов для этого. Проведены экспериментальные замеры и проанализированы результаты.

Детализируя работу модели веб-приложения, запрос к нему проходит несколько стадий (шагов). В частности, запрос последовательно обрабатывается такими компонентами системы как: веб-сервер, сервер приложений (программная платформа), база данных и т.д. Для вывода математической модели, описывающей данное веб-приложение, были выдвинуты следующие гипотезы: каждый из компонентов модели может быть представлен в виде математической функции, которая принимает аргументы, необходимые для определения специфичности запроса; общее время запроса выражается через сумму функций, каждая из которых отражает время работы отдельного компонента; все составляющие общей функции времени запроса являются независимыми друг от друга.

В рамках модели в качестве переменных для компонентов (T_k) были определены два параметра, которые необходимы для определения специфичности запроса: число запрашиваемых объектов (n) и размер одного объекта (S). На основе этих параметров была выведена результирующая функция (1), которая служит для вычисления времени обработки запроса (T , мс).

$$T(n,S) = T_1(n,S) + T_2(n,S) + \dots + T_{k-1}(n,S) + T_k(n,S). \quad (1)$$

Модель показала соответствие между экспериментальными и теоретическими данными. Все гипотезы, сформулированные в исследовании, получили экспериментальное подтверждение. Экспериментальные данные (точки) и рассчитанная на их основе математическая модель (сплошные линии) приведены на рисунке.

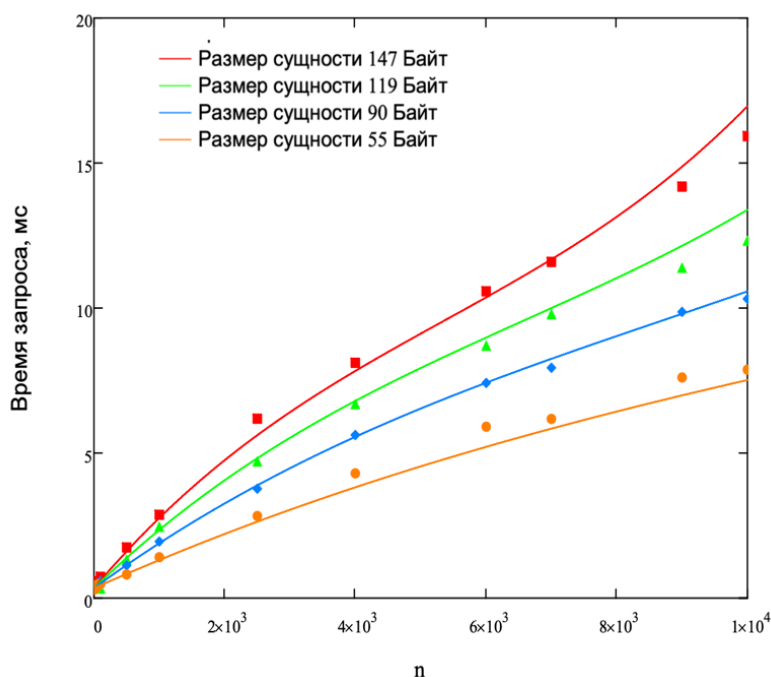


Рисунок. Результаты сопоставления экспериментальных данных с математической моделью

Также в рамках исследования разработанной модели веб-сервиса в области управления персоналом на основе TypeScript, Express, PostgreSQL и MongoDB было установлено, что PostgreSQL демонстрирует лучшую производительность по сравнению с MongoDB при обработке данных объемом до 10000 сущностей, а время запроса к PostgreSQL не зависит от количества сущностей, а лишь от объема запрашиваемых данных.

По результатам исследования были опубликованы две статьи в научных журналах по теоретическим и практическим результатам работы, а также был разработан телеграмм-бот для расчета времени запроса по модели [2, 3].

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

Сформулированы и теоретически обоснованы критерии, необходимые для эффективного проектирования веб-сервисов в области управления персоналом. Разработана модель веб-сервиса, на основе которой получены экспериментальные данные для вывода математической модели оценки времени ответа веб-сервиса, которая может служить основой для количественного сравнения эффективности компонентов системы в зависимости от специфики проекта. В перспективе планируется расширение модели дополнительными параметрами и вывод формул для новых компонентов. Также планируется создание автоматизированного ПО для всестороннего тестирования целевой среды без необходимости пользователя вручную производить расчеты.

Список использованных источников

1. Петрова А.Г., Кириллин Д.В., Бускаров В.В. Архитектура веб-приложений // Актуальные научные исследования в современном мире. – 2021. – №. 10-13(78). – С. 233–237.
2. Кошельков В.С., Жуков Н.Н. Особенности проектирования и разработки веб-сервисов в области HR // Научно-технические инновации и веб-технологии. – 2023. – №. 2. – С. 38–43.
3. Кошельков В.С., Грязев Т.А., Соколов М.А., Жуков Н.Н. Разработка унифицированной модели для расчета времени HTTP-запросов на примере веб-приложений Express и fastapi // Современные наукоемкие технологии. – 2024. – №. 5-1. – С. 57–63. DOI: 10.17513/snt.40005. – EDN HRYLAQ.

Выпускник

Крылова Екатерина Владимировна

факультет технологического менеджмента и инноваций

e-mail: evkrylova_2@edu.hse.ru

Научный руководитель

Царевская-Дякина Наталья Сергеевна

доцент факультета технологического менеджмента и инноваций

e-mail: Ntsarevskaya@sk.ru

УДК 372.881.111.22

**БИЗНЕС-ТЕЗИС «DE:КАТЕ»: РАЗРАБОТКА АУТЕНТИЧНОЙ
ОНЛАЙН-ШКОЛЫ НЕМЕЦКОГО ЯЗЫКА С ВНЕДРЕНИЕМ ЧАТ-БОТА**

Ключевые слова

Вовлеченность, мотивация, изучение и преподавание иностранных языков, стресс в обучении, проектирование образовательного опыта, чат-боты в онлайн обучении, аутентичность.

Цели и задачи

Цель работы заключается в разработке аутентичной-онлайн школы немецкого языка с внедрением чат-бота.

Для достижения обозначенной цели были поставлены следующие задачи:

1. Провести анализ проблем, изучающих немецкий язык, описать проблему несоответствия инструментов целям и ожидаемым результатам.

2. Проанализировать существующие методические подходы для решения выявленных проблем, оценить эффективность и ресурсоемкость применения их у потенциальных конкурентов.

3. Обосновать применение инструментов в моей школе для решения выявленных проблем, описать их выгодное отличие от конкурентных решений, описать перспективы масштабирования.

4. Обосновать выбор способов защиты интеллектуальной собственности и выбор способов охраны авторских и смежных прав.

5. Описать стратегию вывода школы на рынок и стратегию дальнейшего продвижения аутентичной онлайн-школы, опираясь на особенности обучения в школе и специфику каналов.

6. Составить дорожную карту проекта, описать пройденные этапы реализации продукта с результатами и выводами, предоставить новые продуктовые технологические и бизнес гипотезы.

7. Проанализировать доходы и расходы школы на этапе реализации MVP и продемонстрировать прибыльность проекта.

8. Привести информацию в отношении ключевых рисков проекта, оценить вероятность их наступления и последствия рисков для дальнейшей реализации проекта.

Практическая значимость работы заключается в подборе оптимального стека технологий для решения проблемы высокого уровня стресса в процессе изучения иностранного языка.

Новизна исследования состоит в анализе и описании создания стека технологий, необходимых для реализации аутентичной онлайн-школы иностранного языка, способной объединить современные инструменты для решения проблемы стресса в образовании и научить студента регулировать внутренний стресс в обучении и влиять на внешний стресс связанный с со сменой языковой среды.

Методы исследования: анкетирование, глубинные интервью, сравнительный анализ конкурентов, выделенный из глубинных интервью. Были рассчитаны бизнес-метрики (ROI, LTV), метрики удовлетворенности пользователей (Процент возвратов, CSAT, CSI, NPS), метрики качества обучения (COR, Transformation Rate, Посещаемость, вовлеченность с точки зрения выполнения домашних заданий), рассчитана качественная метрика OSE, сделана аналитика цифрового следа, проведен количественный анализ эффективности образовательной среды по Киркпатрику и Филлипсу, комбинированные методы дизайн мышления, agile и lean управления.

Основная часть (методология, результаты)

Для реализации проекта аутентичной онлайн-школы немецкого языка был проведен анализ проблем, изучающих немецкий язык. Для уточнения проблемы было проведено 96 анкетирований среди пользователей социальных сетей X [признана экстремистской организацией на территории РФ] и Instagram [Meta Platforms Inc. признана экстремистской организацией на территории РФ]. Географически и демографически аудитория достаточно широкая, от 18 до 40 лет, мужчины и женщины, которые много путешествуют, ведут активный образ жизни и планируют или уже уехали на годичные или двухгодичное обучение в немецко-говорящую страну. Было проведено 35 глубинных интервью для уточнения выявленных проблем, описания предыдущего опыта и анализа отношения студентов к процессу изучения языка. Студенты сталкиваются с длительным внешним стрессом, влияющим на способность усваивать новое, эффективно учиться. Неактуальные инструменты также провоцируют дистресс от обучения, что влияет на умение справляться с внешним стрессом. Как методист я решила повлиять на эту проблему с точки зрения инструментов вовлечения, которые должны провоцировать эустресс от обучения, делать студента более автономным и также влиять на восприятия внешнего стресса, вызванного сменой языковой среды. Для этого необходимо не только пересмотреть организацию архитектуры школы, структуры курсов и уроков, отталкиваясь от выявленных проблем, но и понять, какие инструменты влияют на вовлеченность в процесс обучения.

Образовательная среда должна учитывать когнитивные, социальные и эмоциональные факторы, а также одновременно выполнять две функции: быть контейнирующей [1] и агентирующей [2]. С одной стороны быть местом быстрого доступа ко всем материалам, одноканальным источником знания о предмете, вызывать доверия комфорт от использования, но также стать местом для автономной деятельности и самореализации, регулирования собственного образовательного опыта. Расширенная схема создания вовлекающего обучения отражена на рисунке. Описанная среда должна запустить цикл: студент заинтересован в материалах, начинает регулярно посещать занятия и чувствует, что может сам управлять сложностью и интенсивностью своего обучения, вовлекается в среду, видит прогресс, вовлекается сильнее.

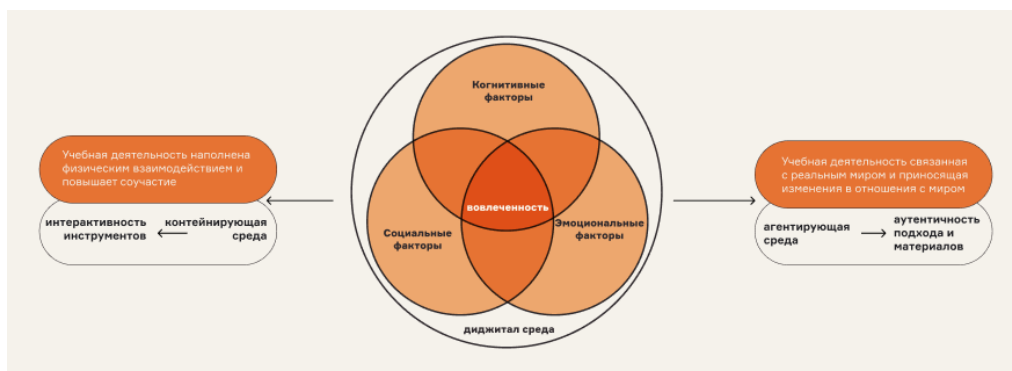


Рисунок. Компоненты вовлечения в диджитал среду обучения

Для поиска решения проблемы несоответствия инструментов целям и ожидаемым результатам были проанализированы потенциальные конкуренты, которые уже разработали архитектурные решения для организации учебного процесса в онлайн-школах немецкого языка. Существующие методические подходы для решения выявленных проблем у конкурентов оказались не так эффективны и ресурсоемки. По оценкам моих студентов в трех самых часто называемых онлайн-школах немецкого используются устаревшие приложения для видеоконференций, неудобная навигация, нет единого источника полезных материалов и ресурсов, приливы мотивации не поддерживаются средой обучения, а прогресс между уровнями практически невозможно отследить. В ходе работы с проектированием образовательного опыта, а также тестировании гипотез было выбрано архитектурное решение и реализован этап тестирования на MVP: чат-бот в Телеграме, объединяющий уроки, материалы с пройденных уроков, домашние задания, полезные материалы, рассылки для студентов и потенциальных студентов будущих курсов, мемы для вовлечения, посты и разборы с интересными материалами, лендинг: сайт для набора на групповые курсы с нуля, отвечающий на главные вопросы и первые проблемы, с которыми сталкиваются студенты в начале изучения, виртуальная доска: адаптированы интерактивные доски MIRO под каждый набранный курс и форматы материалов. На этапе MVP было набрано три группы по четыре человека, которые делились ощущениями от процесса, проходили модульные промежуточные тестирования и дали интервью в начале и конце курса. По итогам проведенных интервью и промежуточных тестирований был проведен анализ эффективности и конкурентоспособности разработанных инструментов, рассчитаны бизнес-метрики, показатели удовлетворенности, сняты метрики качества обучения. За год после выхода на рынок было проведено 36 анкетирований, 24 глубинных интервью, интерпретированы результаты промежуточных тестирований от A1 до B1 за годовые промежутки обучения. Заметно выросла вовлеченность и снизилось количество стресса в обучении, субъективное ощущение прогресса выросло, а студенты стали охотнее взаимодействовать со средой. Затем была составлена стратегия вывода школы на рынок и стратегия дальнейшего продвижения с опорой на особенности обучения в школе и специфику каналов продвижения. Основной упор сделан на реферальность, рекомендации других студентов, что полностью совпало с ценностью школы: я показываю студентам, как с помощью вовлекающего изучения меняется отношение к среде, а умение работать со стрессом в свою очередь позитивно сказывается на результатах. Студентам хочется делиться своими успехами в социальных сетях, а это приносит мне новых студентов, которые попадают в воронку, покупают материалы или курсы. За два года реализации школьных курсов мной были вложены только временные ресурсы в продвижение школы. Также за время выхода на рынок сформировался устойчивый спрос на курсы и образовалась очередь из студентов, желающих заниматься.

Дальнейшим этапом расширения онлайн-школы немецкого я вижу, в первую очередь, поиск преподавателей для обеспечения занятиями сформировавшейся очереди из студентов. Среднесрочная перспектива – это создание собственной платформы управления ботами. Такую стратегию я вижу перспективной, так как преподаватели будут реализовывать свои

курсы по моей системе и продвигать подход внутри моего проекта. В такую систему можно интегрировать искусственный интеллект [3], который будет помогать студентам и преподавателям. Такая система выгодна в первую очередь с точки зрения реализации для студентов. Даже не проходя активные курсы школы, они будут оплачивать подписку на чат-бот, который помогает в изучении языка.

Минимальные затратами на первичную реализацию и быстрые темпы развития позволяют мне начать поиск преподавателей, но в связи с нестабильным обслуживанием бота и пропускными лимитами школе нужны инвестиции на разработку собственной платформы для работы с чат-ботами. Также перспективным решением была определена интеграция ИИ в чат-бот школы для обеспечения большего потока студентов [4]. В ходе работы над выгодными стратегиями для защиты бизнеса на разных этапах была выделена регистрация товарного знака, а также регистрация ноу-хау, а именно способа обучения иностранному языку как комбинация применения нескольких программ.

В заключение была проведена оценка ключевых рисков проекта с вероятностью их наступления и последствиями для дальнейшей реализации проекта. Были оценены внутренние и внешние риски по вероятности их наступления и тяжести ущерба для школы. На этапе реализации MVP самые вероятные риски были минимизированы, а для выхода на рынок составлена стратегия защиты.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

Результатом проведенной работы стала разработанная стратегия создания аутентичной онлайн-школы немецкого языка «DE:КАТЕ» с внедрением чат-бота, проработанный MVP, а также выход школы на рынок. Область применения результатов: результаты работы могут стать научной и технической базой для создания аутентичных курсов на других языках, а также послужить источником аналитических данных для дальнейших исследований аспекта стресса в изучении и преподавании иностранных языков и стать основой расширения площадок и платформ для современного и отвечающего запросам рынка преподавания иностранных языков как для частных репетиторов, так и для тьюторов школ. Экономическая значимость работы состоит в создании стартапа для разработки и продвижения аутентичных курсов иностранного языка, охватывающих ранее недооцененный сегмент рынка.

Список использованных источников

1. Wang M.T. et al. The math and science engagement scales: Scale development, validation, and psychometric properties // *Learning and Instruction*. – 2016. – Т. 43. – Pp. 16–26.
2. Reeve J. How students create motivationally supportive learning environments for themselves: The concept of agentic engagement // *Journal of educational psychology*. – 2013. – Т. 105. – №. 3. – P. 579.
3. Wu R., Yu Z. Do AI chatbots improve students learning outcomes? Evidence from a meta-analysis // *British Journal of Educational Technology*. – 2024. – Т. 55. – №. 1. – P. 10–33.
4. Winkler R., Söllner M. Unleashing the potential of chatbots in education: A state-of-the-art analysis // *Academy of Management Proceedings*. – Briarcliff Manor, NY 10510: Academy of Management, 2018. – Т. 2018. – №. 1. – P. 15903.

Выпускник

Кувшинов Роман Анатольевич

факультет технологического менеджмента и инноваций

e-mail: kuvshinov-ufa@yandex.ru

Научный руководитель

Соловьева Дина Витальевна

доцент, к.э.н., доцент факультета технологического менеджмента и инноваций

e-mail: dvsoloveva@itmo.ru

УДК 339.138

**УПРАВЛЕНИЕ ОПЫТОМ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ PHYGITAL-БРЕНДОВ
НА ОСНОВЕ КОНЦЕПЦИИ ЭКОСИСТЕМЫ ЗНАНИЙ**

Работа выполнена в рамках темы НИР №623112 «Проектирование и реализация инновационных бизнес-решений на основе современных концепций маркетинга в условиях новой экономики».

Ключевые слова

Phygital-маркетинг, phygital-бренд, управление опытом, экосистема знаний, управление знаниями, CX, knowledger-бренд.

Цели и задачи

Целью работы является разработка метода управления опытом потребителей phygital-брендов на основе концепции экосистемы знаний. Задачи, решаемые в ВКР: 1. Сформулировать авторское определение понятий: phygital-бренд и knowledger-бренд. 2. Разработать авторскую типологию брендов в зависимости от степени фиджитализации и умения управлять знаниями. 3. Разработать модель формирования и выбора стратегических альтернатив управления знаниями для phygital-брендов. 4. Разработать модель управления потребительским опытом phygital-брендов на основе концепции экосистемы знаний. 5. Апробировать разработанную модель на примерах различных phygital-брендов.

Основная часть (методология, результаты)

В работе подробнее рассматривается, что такое phygital-бренд, и предлагается новая концепция knowledger-бренда. Далее, на стыке этих двух составляющих, формируется авторский метод управления потребительским опытом. Теоретическая и методологическая

база работы была сформирована на основе анализа научных работ в сфере брендинга и потребительского опыта [1, 2], предыдущих работ автора [3, 4, 5], а также результатах экспертных и потребительских интервью. Сперва коротко представлю теоретические наработки.

Phygital-бренд – бренд, который стремится стереть грань между физическим и цифровым, активно используя инновации, чтобы обеспечить качественно новый уровень клиентского опыта. Рассматривать его можно на трех уровнях: тактическом (использует и/или стремится внедрить phygital-технологии), стратегическом (выстраивает свою стратегию взаимодействия с потребителем равно как в физическом, так и цифровом мире), концептуальном (стремится стереть грань между двумя мирами). Соответственно, в зависимости от полноты и качества этих уровней, мы можем говорить об уровне phygital-потенциала бренда:

1. Высокий потенциал – бренд гармонично сочетает в себе физические и цифровые элементы в своей стратегии. Активно использует новые технологии и исследует будущее.
2. Средний потенциал – бренд использует как физические, так и цифровые каналы в своей стратегии, однако существуют проблемы, связанные с их гармонизацией.
3. Низкий потенциал – имеет ограниченное или плохо согласованное использование физических и цифровых каналов в своей стратегии.

Knowledge-бренд – бренд, чья социальная миссия реализуется через генерацию, трансляцию и продвижение идей и смыслов, определяемых как новые знания для целевых аудиторий и социума. Это бренд, который осознал ценность знаний, научился ими управлять, генерировать их как самостоятельно, так и совместно с потребителями. Можно сказать, что этот бренд нацелен на формирование полноценной экосистемы знаний (которую для удобства мы будем рассматривать на трех уровнях: данные, информация, знания и метазнания). И в соответствии с навыками управления этими смысловыми сущностями мы можем поделить knowledge-бренды на три группы:

1. Систематизатор – накапливает и систематизирует информацию, но еще не перешел на уровень ее концептуального осмысления. Knowledge-потенциал не раскрыт.
2. Автор – способен анализировать и осмысливать информацию, а также создавать новые знания, исходя из собственной картины мира.
3. Актор – осознает свою миссию, активно транслирует собственные идеи. Генерирует знания как самостоятельно, так и совместно со своей аудиторией.

На стыке двух рассмотренных составляющих – phygital и knowledge – автор формирует подход, позволяющий управлять опытом потребителя через знания. Этот переход возможен, поскольку:

- знания бренда и потребителя связаны;
- phygital-технологии открывают новые форматы взаимодействия с аудиторией;
- бренд может влиять на различные компоненты CX.

Авторский метод управления опытом представлен далее, в таблице 1. Состоит он из восьми этапов и предполагает комплексное исследование различных маркетинговых аспектов. При этом автор стремился сделать метод достаточно гибким, чтобы расширить поле его применения.

Брифинг и представление бренда. Проводится интервью с представителями компании, формируется первичное представление об объекте исследования. Выдвигаются первоначальные гипотезы о том, как метод может улучшить управление потребительским опытом.

Целеполагание. Совместно с заказчиком формулируются бизнес-цели компании и происходит «мэтчит» их с исследуемыми концепциями.

Анализ компании и бренда. Главная цель этапа: понять, как внутренние особенности компании повлияют на дальнейшую трансформацию.

Таблица 1. Представление метода

Этап 1. Брифинг и представление бренда			
Интервью с представителями компании, формирование первичного представления о компании и постановка CX-гипотез на основе развития phygital и knowledger потенциала компании			
Этап 2. Целеполагание			
Определение бизнес-целей, целей управления потребительским опытом, а также их «мэтчинг» с phygital и knowledger-концепциями			
Этап 3. Анализ компании и бренда			
Исследование наличия ресурсов и готовности инвестировать их в инновации	Исследование внутренних процессов управления знаниями	Исследование текущего комплекса маркетинга с точки зрения рассматриваемых концепций	Анализ текущего бренда и преимуществ перехода к phygital и knowledger
Этап 4. Анализ целевых аудиторий			
Формирование портрета целевых аудиторий и сегментирование		Исследование знаний, транслируемых брендом	
Этап 5. Анализ внешней среды			
Анализ отрасли с точки зрения phygital-потенциала и потенциала управления знаниями	Анализ конкурентов и партнеров. Бенчмаркинг с точки зрения управления опытом / знаниями / phygital	Анализ трендов исследуемой отрасли	
Этап 6. Формирование стратегии управления опытом с учетом phygital и knowledger-потенциала			
Формирование стратегических ориентиров управления опытом потребителей	Формирование стратегических альтернатив управления знаниями	Построение карты точек контакта	
Этап 7. Формирование стратегических и тактических решений			
Этап 8. Оценка результата			

Анализ целевых аудиторий. Исследуем, кто наш потребитель, сегментируем и анализируем ее. После чего выделяем знания, которые бренд транслирует для каждой ЦА. На этом этапе достаточно выделить основные «хабы знаний» – точки контакта, насыщенные смысловыми сущностями, через которые бренд прямо или косвенно коммуницирует с аудиторией.

Анализ внешней среды. Проводим анализ отрасли (в т.ч. трендов, конкурентов, партнеров) и делаем вывод о том, насколько внешняя среда благоприятна для предлагаемых трансформаций.

Формирование стратегии управления опытом с учетом phygital и knowledger-потенциала. После чего исследователь формирует набор страт. альтернатив, строит матрицу стратегических ориентиров и определяет векторы управления знаниями.

Формирование стратегических и тактических решений. На основе проведенного анализа выделяются стратегические треки развития и предлагаются тактические решения и соответствующие KPI.

Метод был апробирован на примере реальных брендов из различных отраслей. Краткое представление результатов представлено в таблице 2.

Таблица 2. Краткое представление апробационных кейсов

Объект	Phygital-потенциал	Knowledge-потенциал	Предложенные страт. направления
Marketorium	Низкий	Высокий	<ol style="list-style-type: none"> 1. Стратегия «расширение» с акцентом на развитие уровней знаний и метазнаний. 2. Повышение информативности и наглядности уровня «информации». 3. Нарастивание офлайн-присутствия
Почта России	Средний	Средний	<ol style="list-style-type: none"> 1. Стратегия восходящего перехода до уровня метазнаний в бренд-коммуникациях. 2. Модернизация ПВЗ. 3. Цифровизация внутренних процессов. 4. Работа с корпоративной культурой и метазнаниями сотрудников
Ozon	Высокий	Высокий	<ol style="list-style-type: none"> 1. Расширение уровня метазнания, с упором на транслирование будущего. 2. Сместить характер коммуникаций с “советчика” на “неотъемлемого компаньона”. 3. Создание phygital-акций и phygital-пространств. 4. Дальнейшая фиджитализация ПВЗ

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

Отдельно хочется заметить, что в процессе апробации автор пришел к важному выводу: метод (как и предлагаемые концепции) обладают большим потенциалом развития, поскольку могут быть адаптированы под различные типы брендов. Так, например, бренд личности может рассматриваться через призму phygital (акцент на управлении офлайн / онлайн образом самого автора) и через призму knowledge (акцент на том, какие знания автор транслирует и создает, в том числе совместно с аудиторией). На текущий момент автор продолжает тестировать границы своих наработок с целью доказать еще более широкую применимость материалов данной ВКР.

Список использованных источников

1. Pusceddu G., Moi L., Cabiddu F. Do they see eye to eye? Managing customer experience in phygital high-tech retail. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/MD-05-2022-0673/full/html> (дата обращения: 05.06.2024).
2. Vanik S., Gao Y. Exploring the hedonic factors affecting customer experiences in phygital retailing. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0969698922002405#bib22> (дата обращения: 05.06.2024).
3. Кувшинов Р.А. Управление опытом потребителей phygital-брендов на основе концепции экосистемы знаний // XII Конгресс молодых ученых. Сборник научных трудов. Том 4. Часть 1. – СПб.: Университет ИТМО, 2023. – С. 331–334.
4. Кувшинов Р.А., Соловьева Д.В. Подход к формированию контент-стратегии бренда на основе концепции экосистемы знаний // Практический маркетинг. – 2023. – №. 12 (318). – С. 34–39.
5. Кувшинов Р.А., Соловьева Д.В. Подход к управлению потребительским опытом phygital-брендов на основе концепции экосистемы знаний // Практический маркетинг. – 2024. – №. 5(323). – С. 44–50.

Выпускник

Кузнецов Алексей Васильевич

факультет систем управления и робототехники

e-mail: thealekzzz@yandex.ru

Научный руководитель

Крылова Анастасия Андреевна

к.т.н., преподаватель факультета систем управления и робототехники

e-mail: a.krylova@itmo.ru

УДК 67.02

**ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ РАЗМЕЩЕНИЯ
ТРЕХМЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ В КАМЕРЕ ПОСТРОЕНИЯ
ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПОДГОТОВКИ УПРАВЛЯЮЩИХ
ПРОГРАММ SLM- ПРИНТЕРА**

Ключевые слова

Нестинг, размещение изделий, 3D принтеры, автоматизация, трёхмерная печать.

Цели и задачи

В современном производстве технология 3D печати, является эффективным инструментом для создания сложных и инновационных изделий, деталей сложной геометрии без необходимости в создании форм и приспособлений, а также позволяет быстро модифицировать дизайн изделия без внесения изменений в производственный процесс. Однако, с увеличением объема производства возникает необходимость в увеличении эффективности процесса 3D печати. Для решения этой задачи используют размещение в камере принтера не одной, а нескольких деталей одновременно. Однако, размещение множества изделий внутри замкнутого объёма вручную является рутинным процессом, поэтому необходима его автоматизация.

Целью работы является исследование и разработка алгоритмов размещения трехмерных моделей в камере построения для автоматизации подготовки управляющих программ SLM-принтера. Для её реализации были выполнены следующие задачи: описание и реализация алгоритма размещения деталей в рабочей области 3D принтера, описать и реализация способа определения пересечений деталей при их размещении, а также определение формата входных и выходных данных алгоритма.

Основная часть (методология, результаты)

Для реализации поставленных задач были проанализированы алгоритмы размещения деталей в трехмерном пространстве, а также представлено описание собственного такого алгоритма размещения трехмерных деталей.

Точные алгоритмы размещения деталей, имеют экспоненциальную сложность, поэтому их реальное использование нецелесообразно, так как при увеличении числа деталей время его работы экспоненциально увеличивается [1]. Поэтому эвристические алгоритмы являются более приемлемыми, так как позволяют найти приближенные решения с гораздо меньшими временными затратами [2]. Многие существующие алгоритмы являются достаточно эффективными по причине упрощения геометрии деталей, с которыми они работают. Таким образом, вместо вычисления пересечений множества трехмерных полигонов, из которых состоит деталь, можно определять пересечения меньшего числа трехмерных фигур. В рамках работы был представлен метод упрощения геометрии деталей, суть которого заключается в создании трехмерной кубической сетки, которая представляет деталь в аппроксимированном виде. Затем полученная сетка используется для определения пересечений деталей между собой при размещении их в заданном объеме рабочей области принтера.

Описанный в рамках работы алгоритм был реализован на языке программирования python. Алгоритм состоит из модулей импорта, генерации аппроксимирующей сетки, поворота, размещения и экспорта.

Результатом работы реализованного алгоритма является STL файл, содержащий в себе исходные детали, размещенные в соответствии с описанным в рамках работы алгоритмом. Была проанализирована асимптотическая сложность алгоритма [3], а также представлены результаты замеров времени выполнения алгоритмом различных операций в зависимости от количества полигонов у исходной модели.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В ходе работы был описан и реализован алгоритм размещения деталей в заданном объеме 3D принтера. Для увеличения скорости работы алгоритма он предварительно упрощает геометрию детали, превращая её в набор кубов заданных размеров, формируя каркас из трехмерной кубической сетки, которая используется для дальнейшего вычисления пересечений деталей. По окончании работы алгоритма получен STL файл с размещенных в соответствии с алгоритмом изделий.

Направлениями дальнейшего развития алгоритма являются: интеграция алгоритма в серверную часть веб-сервиса 3dlam, для получения возможности взаимодействия с алгоритмом через веб-интерфейс, модификация модуля размещения с целью более эффективного размещения деталей в рабочем объеме принтера, а также модификация модуля экспорта с целью получения в результате его работы координат размещенных деталей и их поворотов для дальнейшего отображения их в сервисе 3dlam в виде отдельных деталей, вместо получения объединённого STL файла.

Список использованных источников

1. Фроловский В.Д. Приближенные методы решения NP-трудных задач в системах автоматизации проектирования. – 2006. – 99 с.
2. Kokash N. An introduction to heuristic algorithms // Department of Informatics and Telecommunications, University of Trento, Italy. – 2005. – 8 p.
3. Herold G., Kirshanova E., May A. On the asymptotic complexity of solving LWE // Designs, Codes and Cryptography. – 2018. – Т. 86. – №. 1. – Pp. 55–83.

Выпускник

Лаппо-Данилевская Анастасия Константиновна

научно-образовательный центр фотоники и оптоинформатики

e-mail: ankonstld@itmo.ru

Научный руководитель

Исмагилов Азат Олфатович

к.ф.-м.н., лаборатория квантовых процессов и измерений

e-mail: ismagilov.azat@itmo.ru

УДК 535.3

**ПРИМЕНЕНИЕ ОДНОПИКСЕЛЬНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДЛЯ ЗАДАЧ
ВОССТАНОВЛЕНИЯ ТРЁХМЕРНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ОБЪЕКТОВ**

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания (Паспорт No 2019-0903).

Ключевые слова

Однопиксельная визуализация, дистанционное зондирование, визуализация, ЛИДАР технологии, фантомная визуализация.

Цели и задачи

Быстрое развитие беспилотного транспорта, робототехники и цифровизации городской среды предъявляет повышенные требования к системам дистанционного зондирования в части скорости и точности распознавания объектов при определении их местоположения. ЛИДАРЫ, широко используемые для этих задач, визуализируют объекты либо с использованием растрового сканирования и детекторов без пространственного разрешения, либо через освещение всей сцены и детектирование на ПЗС-камеру (флэш камеры). Для сокращения числа измерений и повышения качества изображений предлагается метод однопиксельной визуализации, использующий детектор без пространственного разрешения и освещающий всю целевую сцену. В связи с этим целью настоящего исследования является анализ комбинации метода однопиксельной визуализации и ЛИДАР-технологий. Для её достижения посредством компьютерного моделирования необходимо реализовать как получение информации о расстоянии до объекта с помощью частотно-модулированного непрерывного и импульсного излучений, так и пространственной информации методом однопиксельной визуализации.

Основная часть (методология, результаты)

Однопиксельная визуализация — это метод восстановления изображения объекта путём построения корреляционной функции между шаблонами (масками), посылаемыми на пространственный модулятор света для модуляции излучения, отраженного от объекта, и соответствующей интенсивности, полученной после с помощью детектора без пространственного разрешения. Это позволяет охватить всю целевую сцену, а не использовать растровое сканирование, тем самым позволяя сокращать число измерений, что является преимуществом для задач распознавания объектов, и при этом регистрировать всю интенсивность, а не распределённую по матрице из детекторов, что является преимуществом при работе с малоинтенсивными сигналами. Такие особенности потенциально позволят улучшить современные ЛИДАР системы, в связи с чем в данной работе рассматривается совмещение ЛИДАР технологий с методом однопиксельной визуализации.

Для реализации метода однопиксельной визуализации качестве масок использовался ортогональный набор паттернов, какими являются паттерны Адамара. В данной работе они формировались с помощью перестановки элементов строки матрицы Адамара порядка 12 в матрицу размером 64×64 пикселя $P(x, y)$. За N измерений изображение восстанавливается по следующей формуле: $G(x, y) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (B_i) P_i(x, y)$, где B_i — интенсивность на однопиксельном детекторе, i — номер измерения [1]. Пространственное распределение поля с длиной волны $\lambda = 1550$ нм и шириной перетяжки $w_0 = 15$ мм задавалось в форме Гаусса в соответствии с [2]. Взаимодействие пространственного профиля с объектами с передаточной функцией $T(x, y, t)$ рассчитывалось путём их перемножения. Распространение пространственного профиля излучения производилось с помощью метода углового спектра.

Важной особенностью реализации является то, что на пространственный модулятор попадает дифрагированное излучение, следовательно его пространственное распределение и восстанавливается методом однопиксельной визуализации. Однако, так как совмещение технологий предоставляет информацию о расстоянии, то с помощью обратного распространения методом углового спектра удастся получить истинное изображение объекта. Временная форма сигнала, а соответственно и способ вычисления расстояния, задавались согласно двум ЛИДАР технологиям – по времени полёта (рис. 1, а) и с помощью непрерывного частотно-модулированного излучения (рис. 1, б).

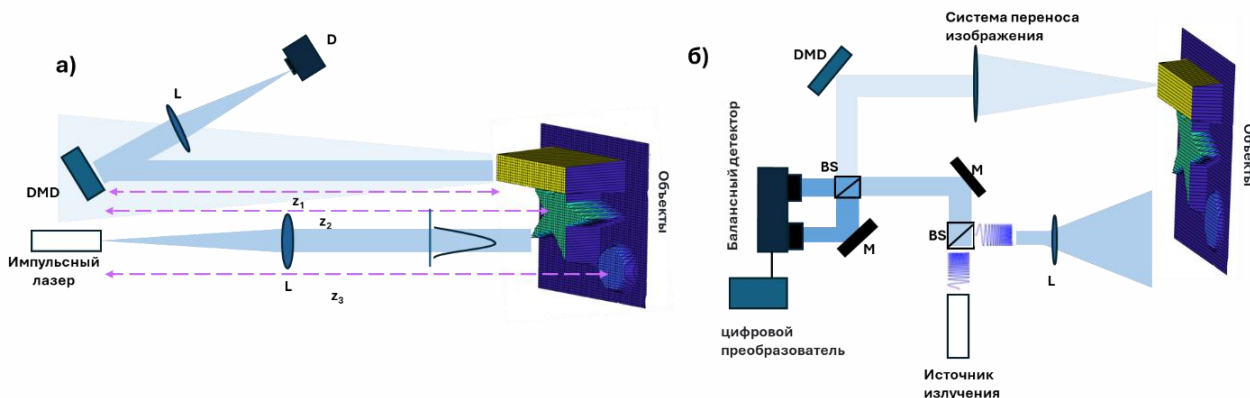


Рис. 1. Условные схемы реализации совмещения однопиксельной визуализации и а) TOF – ЛИДАРа, б) FMCW – ЛИДАРа, D – детектор без пространственного разрешения, L – линза, DMD – пространственный модулятор света, z_i – расстояние до i -го объекта, BS – светоделитель, M – зеркало

В реализации по времени полёта (TOF) вычисление расстояния происходит путем измерения времени прохождения светового импульса от лазера до объекта и обратно к детектору. Процесс протекает следующим образом: лазерный луч направляется на объект, а затем система измеряет время ΔT , необходимое для возврата отраженного света обратно, расстояние рассчитывается как $d = \frac{\Delta T c}{2}$, где c – скорость света. Этот метод обеспечивает высокое разрешение измерений, что делает его популярным выбором, однако основной проблемой является подверженность помехам от внешних источников света, которые могут снизить точность измерений за счет уменьшения отношения сигнал/шум (SNR) [3]. В реализации по времени пролета важнейшим аспектом является повышение точности определения расстояния, что достигается за счет минимизации длительности световых импульсов. Это требует использования высокочувствительных и быстродействующих фотодетекторов. Кроме того, для расширения диапазона работы системы необходимо увеличивать интенсивность светового излучения, что может представлять опасность для глаз. В данной работе временная форма импульсов задавалась в виде Гауссова распределения с полушириной на полувысоте равной 2.8 нс, а частота дискретизации сигнала составляла 4 ГВыб/с.

Альтернативным методом является использование непрерывного частотно-модулированного излучения (FMCW), не требующего использования высокоскоростной электроники. Он хорошо подходит для приложений, требующих высокой точности и надежности, однако имеет ограничения в связи с длиной когерентности лазера [4]. Частотная модуляция в моделируемой FMCW ЛИДАР системе линейная, так что выходная частота линейно увеличивается от начальной частоты $\nu_0 = 0,5$ ГГц до максимальной частоты ν_{\max} в течение заданного периода времени $T \approx 3$ мс. Измерение расстояния производится с использованием частоты биения f_b путем Фурье преобразования зарегистрированного сигнала, представляющего собой сигнал, отраженный от объекта смешанный с изначальной формой сигнала. Данная работа основывалась на принципе гетеродинного детектирования, при котором частотно-модулированный сигнал разделялся на E_{LO} и E_{sign} . После взаимодействия E_{sign} с объектами и пространственным модулятором, на светоделителе E_{sign} интерферирует с E_{LO} и регистрируется на балансный детектор [4, 5]. После преобразования Фурье частотный спектр такого сигнала содержит только частоты $\nu_j = \frac{\nu_0 \tau_j}{2T}$, расстояние из которых рассчитывается следующим образом $d_j = \frac{\nu_j T c}{2B}$, где B - полоса модуляции равная $\nu_{\max} - \nu_0$. Шаг между частотами составлял ≈ 0.03 МГц. Для метода однопиксельной визуализации в качестве B_i брались интенсивности зарегистрированного сигнала в соответствующих временных или частотных точках. Результаты восстановления изображений при совмещении однопиксельной визуализации и TOF, и FMCW случаев представлены на рисунке 2.

В случае неразрешимого отраженного временного сигнала была восстановлена информация обо всех трех объектах, что свидетельствует об отсутствии потери информации при применении метода однопиксельной визуализации. Также показано, что при использовании всех дискретизированных временных точек удается получить распределение объектов, соответствующее распределению отраженных импульсов внутри суммарного сигнала. Для второго случая с использованием частотно-модулированного излучения при полосе модуляции в 4300 МГц удается визуализировать объекты отдельно при неразрешимом частотном пике, также не теряя информацию об объектах, но получая их точное расположение в пространстве.

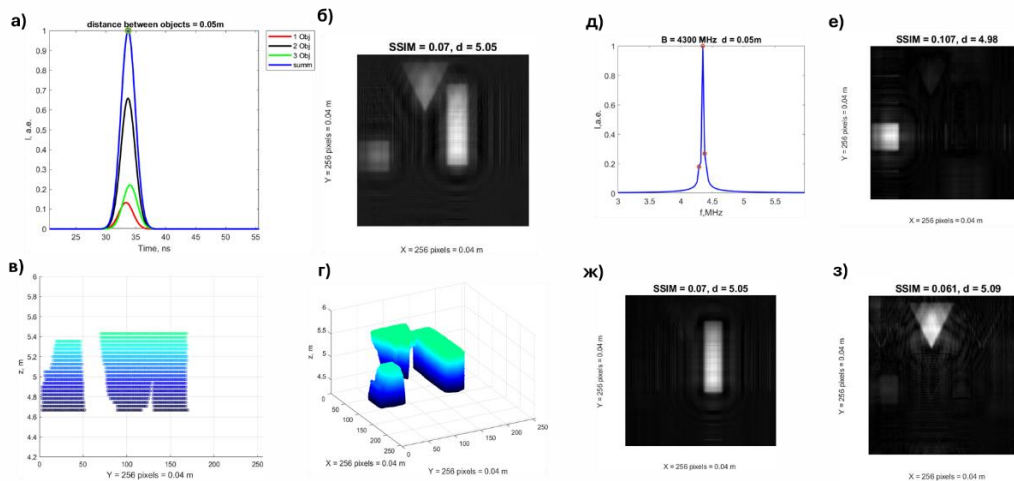


Рис. 2. Результаты совмещения однопиксельной визуализации и Лидар-технологий для получения информации о трех объектах на расстояниях 5 м – квадрат, 5,05 м – прямоугольник, 5,1 м – треугольник, TOF – ЛИДАР: а) Временной профиль отраженных сигналов; б) реконструированное изображение с использованием интенсивностей в пиковой точке; в, г) восстановление изображений объекта с использованием всех дискретизированных интенсивностей; FMCW– ЛИДАР (д) Частотный профиль отраженного сигналов; е, ж, з) Реконструированное изображение с использованием интенсивностей в выделенных красным точка

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

Данная работа подтвердила путём компьютерного моделирования возможность успешной комбинации метода однопиксельной визуализации с двумя ЛИДАР-технологиями: по времени полёта и с помощью частотно-модулированного излучения, что открывает новые возможности для совершенствования систем дистанционного зондирования. Для ЛИДАРОВ FMCW однопиксельная визуализация предлагает привлекательную альтернативу для улучшения качества изображения и замены растрового сканирования на более быстрый метод. Для ЛИДАРОВ TOF однопиксельная визуализация предоставляет возможность повысить точность путем построения трехмерных карт распределения объектов без увеличения времени отклика и стоимости системы.

В дальнейшей работе планируется экспериментальная реализация совмещенной частотно-модулированной ЛИДАР технологии и однопиксельной визуализации.

Список использованных источников

1. Yu Z., Wang X.-Q., Gao C. et al. Differential Hadamard ghost imaging via single-round detection // Optics Express. – 2021. – Vol. 29. – №. 25. – Pp. 41457–41466.
2. Liu B., Song P., Zhai Y., Wang X., Zhang W. Modeling and simulations of a three-dimensional ghost imaging method with differential correlation sampling // Optics Express. – 2021. – Vol. 29. – №. 23. – Pp. 38879–38893.
3. Lee D., Jung M., Yang W., Kim A. LiDAR odometry survey: recent advancements and remaining challenges // Intelligent Service Robotics. – 2024. – Pp. 1–24.
4. Lum D.J., Knarr S.H., Howell J.C. Frequency-modulated continuous wave LiDAR compressive depth-mapping // Optics express. – 2018. – Vol. 26. – №. 12. – Pp. 15420–15435.
5. Yang X., Zhang Y., Yang C. et al. Heterodyne 3D ghost imaging // Optics Communications. – 2016. – Vol. 368. – Pp. 1–6.

Выпускник

Лемешонок Елена Игоревна

факультет биотехнологий

e-mail: lemeshonok1999@gmail.com

Научный руководитель

Бараненко Денис Александрович

доцент, к.т.н., доцент факультета биотехнологий Университета ИТМО

e-mail: denis.baranenko@itmo.ru

УДК 579.67

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
ПОДГОТОВКИ И ОБРАБОТКИ СРЕДСТВ ДОСТАВКИ
ПРОБИОТИЧЕСКИХ МИКРООРГАНИЗМОВ**

Работа выполнена в рамках темы НИР №323032 «Разработка биоактивного функционального пищевого ингредиента на основе арахидоновой кислоты и пробиотических штаммов лактобактерий для профилактики сахарного диабета второго типа».

Ключевые слова

Микробиота кишечника, инкапсулирование, функциональный пищевой ингредиент, альгинат натрия, микрокапсулы, пробиотики, ультразвук.

Цели и задачи

Создание средств, обеспечивающих выживание пробиотических микроорганизмов в ходе технологической обработки и в условиях ЖКТ, является актуальной проблемой современной науки о пище при создании функциональных пробиотических пищевых продуктов. Цель работы – исследование технологических параметров подготовки и обработки микрокапсул из альгината натрия с *L. rhamnosus* GG. Для достижения этой цели в исследовании решаются следующие задачи: обоснование выбора типа и концентрации альгината натрия для создания микрокапсул с пробиотиками, исследование влияния предварительной ультразвуковой обработки на свойства альгината натрия и микрокапсул, разработка параметров микроинкапсулирования *L. rhamnosus* GG в альгинат натрия, исследование влияния ультразвуковой обработки и микроинкапсулирования на выживаемость *L. rhamnosus* GG при тепловой обработке и в условиях ЖКТ *in vitro*, определение влияния микрокапсул на показатели качества пищевого продукта.

Основная часть (методология, результаты)

Пробиотики оказывают положительное влияние на кишечник, улучшая функцию слизистой барьерной защиты, препятствуя адгезии и инвазии патогенных микроорганизмов к кишечному эпителию, и стимулируя иммунную систему [1]. Цель инкапсулирования пробиотиков — защитить их от вредных условий с помощью экструзии. Микрокапсулы защищают пробиотические клетки во время хранения, при тепловой обработке и при прохождении желудочно-кишечного тракта [2, 3]. Для инкапсулирования использовали альгинат натрия — натуральный полисахарид, формирующий гель при контакте с ионами кальция и устойчивый к кислой среде, что обеспечивает дополнительную защиту в желудке [4].

В таблице показано, что альгинаты с более низкой вязкостью облегчают экструзию, позволяя формировать более крупные и однородные капсулы, а высокая вязкость, наоборот, может затруднить процесс, приводя к образованию капсул нерегулярной формы и размера.

Таблица. Характеристики микрокапсул из альгината натрия различной вязкости

Номер	Образец	Концентрация альгината, %	Выход капсул, %	Размер капсулы, мкм
1	Марка №1	0,75	22,1	853
2		1,00	28,1	1101
3		1,25	34,0	1784
4	Марка №2	0,5	14,0	696
5		0,75	13,5	740
6		1,00	23,3	1183
7	Марка №3	0,25	3,6	559
8		0,5	5,2	606
9		0,75	8,7	762

Предварительная ультразвуковая обработка альгинатов снижает их вязкость, что улучшает контролирование процесса экструзии и качество капсул. Однако это также может повлиять на структурные и защитные свойства капсул, особенно при высоких температурах, что требует дополнительной оптимизации параметров ультразвуковой обработки.

Капсулы обеспечивают лучшую выживаемость *L. rhamnosus* GG в условиях ЖКТ и после тепловой обработки.

В результате этих процессов, микрокапсулы, сформированные из альгината с предварительной ультразвуковой обработкой и правильно подобранной концентрацией обеспечивают эффективную защиту пробиотиков в условиях тепловой обработки и желудочно-кишечного тракта, что подтверждает их потенциал для использования в производстве пробиотических продуктов.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

Исследование показало, что альгинат натрия марки №1 с концентрацией 1% создаёт микрокапсулы большего размера и с лучшей структурной целостностью по сравнению с другими марками, обеспечивая выход капсул от 22% до 34%. Ультразвуковая обработка снижает вязкость раствора альгината, что уменьшает размер капсул и может улучшать процесс инкапсуляции. Выживаемость *L. rhamnosus* GG в капсулах составила 90,38% без ультразвука и 84,34% с ультразвуком, подтверждая эффективность капсул в защите пробиотиков при тепловой обработке и условиях ЖКТ. Сенсорный анализ показал, что инкапсуляция не влияет

на органолептические характеристики продукта, делая метод подходящим для улучшения функциональных свойств продуктов, таких как пудинг, без изменения их вкусовых качеств.

В дальнейшей работе планируется исследовать влияние микрокапсул на хранение пробиотических микроорганизмов в продукте питания и влияние низких температур на инкапсулированные пробиотики.

Список использованных источников

1. Stavropoulou E., Bezirtzoglou E. Probiotics in medicine: a long debate // *Frontiers in immunology*. – 2020. – Т. 11. – Pp. 554558.
2. Vivek K. et al. A comprehensive review on microencapsulation of probiotics: Technology, carriers and current trends // *Applied Food Research*. – 2023. – Т. 3. – №. 1. – P. 100248.
3. Silva T.M. et al. Development, characterization and viability study of probiotic microcapsules produced by complex coacervation followed by freeze-drying // *Ciência Rural*. – 2019. – Т. 49. – P. e20180775.
4. Sun Q. et al. Biomaterials and Encapsulation Techniques for Probiotics: Current Status and Future Prospects in Biomedical Applications // *Nanomaterials*. – 2023. – Т. 13. – №. 15. – P. 2185.

Выпускник

Лёсин Илья Алексеевич
факультет экотехнологий
e-mail: lesin20001@gmail.com

Научный руководитель

Рахманов Юрий Алексеевич
к.т.н., доцент факультета экотехнологий
e-mail: rahmanovua2010@gmail.com

УДК 628.47

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТЕНЦИАЛА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УТИЛИЗАЦИИ
ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ КАК АЛЬТЕРНАТИВНОГО
ИСТОЧНИКА ЭНЕРГИИ**

Ключевые слова

ТКО, полигон, морфологический состав, Пензенская область, вторсырье, экологическая безопасность, накопление.

Цели и задачи

Цель ВКР: исследование потенциала энергетической утилизации твердых коммунальных отходов (ТКО) в системе обращения с отходами полигона «Чемодановка» Пензенской области.

Задачи ВКР:

- изучить российский и зарубежный опыт обращения с отходами и методы эффективного использования ТКО для получения топлива, электрической, тепловой энергии и вторичных материальных ресурсов (ВМР);
- рассмотреть общие принципы экономики замкнутого цикла (ЭЗЦ) и иерархию обращения с отходами, переход к технологическому нормированию на основе наилучших доступных технологий в России;
- провести анализ энергетических характеристик ТКО, их компонентного и фракционного составов для выбора эффективной технологии получения альтернативного топлива и вторичных материальных ресурсов;
- оценить существующее состояние окружающей среды в районе полигона «Чемодановка» и Пензенской области;
- разработать технологию утилизации ТКО с получением энергии на полигоне «Чемодановка»;
- провести эколого-экономическое обоснование энергетической утилизации ТКО на полигоне «Чемодановка».

Основная часть (методология, результаты)

Проблема обращения с отходами в Пензенской области требует немедленного решения из-за наличия несанкционированных свалок, неэффективных систем обработки и утилизации ТКО. Эти проблемы представляют серьезную угрозу окружающей среде, здоровью людей и экологической устойчивости региона.

Для смягчения негативного воздействия ТКО на окружающую среду были проведены исследования потенциала энергетической утилизации ТКО на полигоне «Чемодановка» в Пензенской области, расположение которого представлено на рисунке 1.

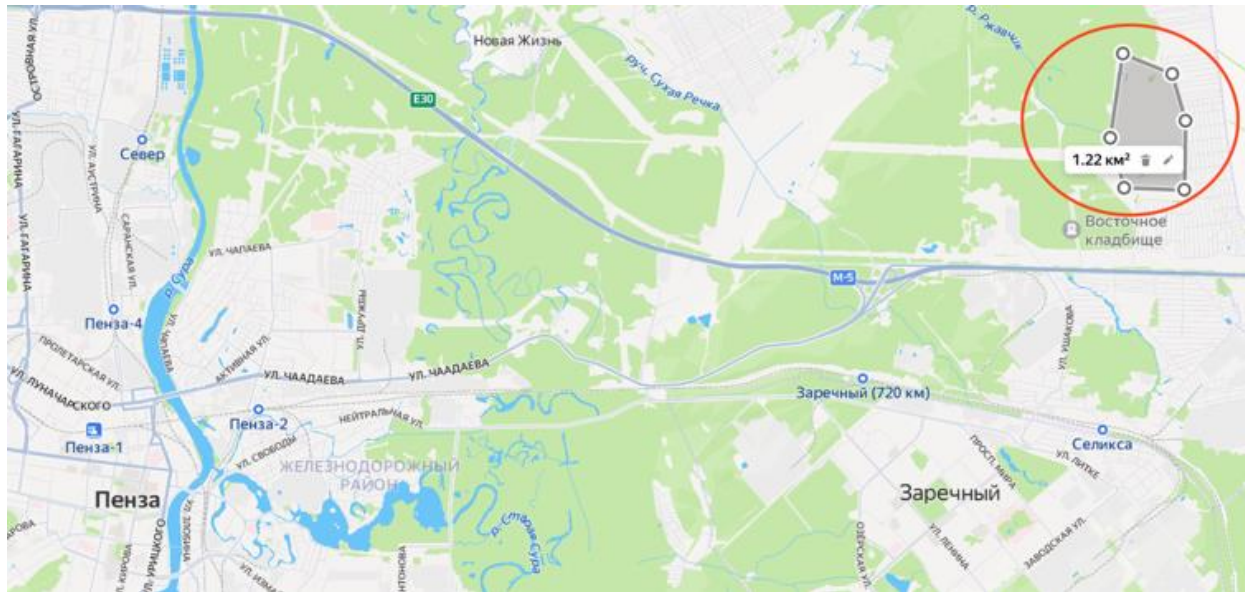


Рис. 1. Местоположение полигона «Чемодановка»

В данной работе были выполнены все поставленные задачи и получены следующие результаты.

Изучен российский и зарубежный опыт обращения с отходами и методы эффективного использования ТКО для получения топлива, электрической, тепловой энергии и ВМР.

Рассмотрены общие принципы ЭЗЦ и иерархия обращения с отходами, переход к технологическому нормированию на основе наилучших доступных технологий в России.

Проведен анализ энергетических характеристик ТКО, их компонентного и фракционного составов для выбора эффективной технологии получения альтернативного топлива и ВМР.

Выполнен анализ обращения с ТКО в Пензенской области, годового поступления ТКО, их морфологического, элементного состава и утилизации на полигоне «Чемодановка» Пензенской области. Среднегодовое поступление ТКО составляет 356 тыс. т/год, из них пищевых отходов – 89 тыс. т/год [1].

Разработана комплексная технологическая схема переработки ТКО на полигоне «Чемодановка» с учетом их морфологического состава, включающая: сортировку с выделением пищевых и непищевых отходов, а также ВМР для полезного использования; анаэробную переработку пищевых отходов с получением биогаза и удобрений; получение RDF-топлива и его энергетическое использование (утилизация), данная технология представлена на рисунке 2.

Для сортировки ТКО использован мусоросортировочный комплекс, способный обрабатывать 400 тыс. тонн ТКО в год [2].



Рис. 2. Принципиальная технологическая схема утилизации ТКО с получением энергии на полигоне «Чемодановка» Пензенской области

Разработана принципиальная технологическая схема переработки пищевых отходов на полигоне с получением биогаза. Выполнены расчеты характеристик анаэробного сбраживания пищевых отходов в метантенке. Произведена оценка характеристик биогазовой установки с получением электрической, тепловой энергии и удобрений. Выполнены необходимые расчеты процессов и основного оборудования. Ожидаемый объемный расход биогаза составил 3671,25 м³/ч, располагаемая тепловая мощность – 21884 кВт, электрическая мощность – 7659,7 кВт, тепловая мощность – 6565,2 кВт, расход биоудобрений – 3337,5 кг/ч. Подобраны два биореактора с гибким газгольдером объемом 5647 м³ с подогревом от четырех когенерационных установок TEDOM серии Quanto D2000C [3, 4].

Выполнен расчет энергетических характеристик непищевых отходов и полученного из них RDF-топлива. Ожидаемый расход RDF-топлива составляет 10012 кг/ч, располагаемая тепловая мощность RDF-топлива – 40785 кВт, полезная тепловая мощность при сжигании RDF-топлива – 30,589 МВт [5]. Для сжигания RDF-топлива применены теплопроизводящие установки «Союз-проект» типа УТПУ – 3М/РВ с тремя водогрейными котлами единичной мощностью 10 МВт каждый [6].

Разработана принципиальная технологическая схема и компоновка сжигания RDF-топлива с применением «сухой» очистки отходящих газов. Сжигание RDF-топлива осуществляется в полугазогенераторном режиме с использованием камеры (зоны) дожигания. Разработана принципиальная технологическая схема «сухой» очистки отходящих газов с использованием в качестве сухого сорбента Са(ОН)₂, содержащая мультициклон, реактор сухой сорбции и рукавный тканевый фильтр, представлена на рисунке 3 [7].

Выполнены необходимые технологические расчеты процессов и аппаратов (оборудования). Ожидаемый расход отходящих газов (действительных) составляет 22623,505 м³/ч, максимальный расход сорбента – 62,934 кг/ч. Подобраны три мультициклона (батареяного типа) типа БЦУ – 5/6, три рукавных тканевых фильтра с импульсной очисткой типа ФРКДИ-550 [8, 9].

Проведено эколого-экономическое обоснование энергетической утилизации ТКО на полигоне по двум технологиям: технологии получения тепловой и электрической энергии из биогаза, технологии получения тепловой энергии с помощью сжигания RDF-топлива [10]. Первая технология показала общие инвестиции в 696 230 434 руб., чистую экономию в 491 623 003 руб./год, период окупаемости – 1,4 лет. Вторая технология показала общие инвестиции в 120 837 248 руб., чистую экономию в 525 124 510 руб./год, период окупаемости – 0,3 лет. Эколого-экономическое обоснование этих процессов подтверждает их полезность с точки зрения эффективности и экологической безопасности.

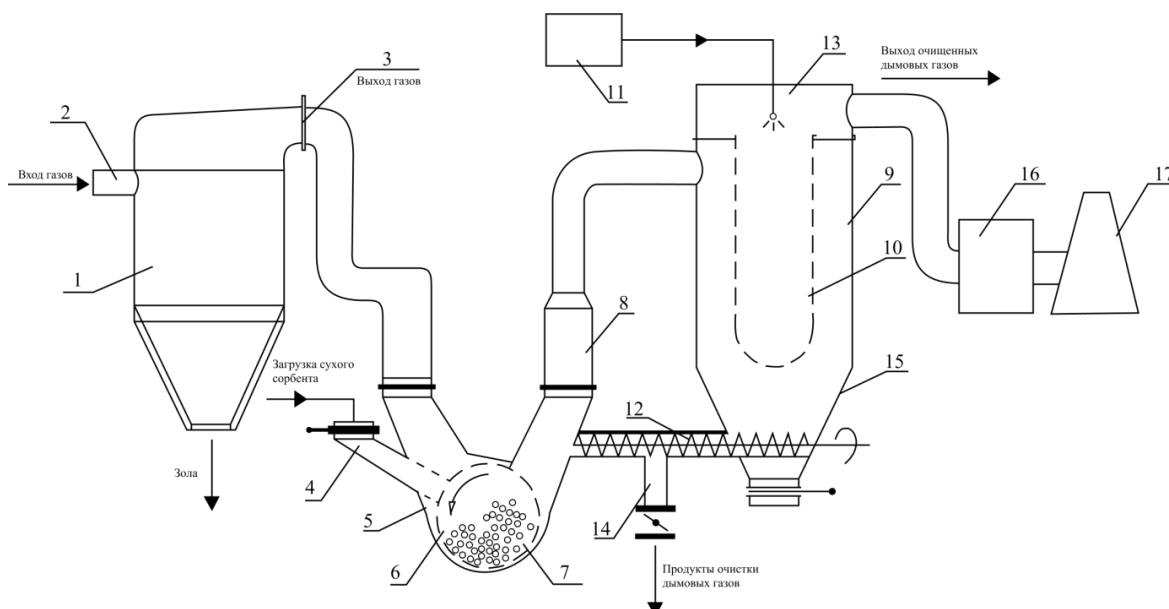


Рис. 3. Установка «сухой» очистки дымовых газов

- 1 – мультициклон; 2 – ввод очищаемых газов; 3 – выход очищаемых газов;
 4 – узел загрузки сухого сорбента в барабан; 5 – реактор сухой сорбции;
 6 – ротор (барабан); 7 – керамические шары; 8 – газоход; 9 – рукавный фильтр;
 10 – тканевые рукава; 11 – устройство обратной импульсной очистки сжатым воздухом
 поверхности фильтрующих элементов; 12 – шнековый питатель;
 13 – сборная полость очищенного воздуха; 14 – шлюзовое разгрузочное устройство;
 15 – бункер-накопитель; 16 – дымосос; 17 – дымовая труба

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

При изучении потенциала энергетической утилизации ТКО как альтернативного источника энергии на полигоне «Чемодановка» в Пензенской области установлено, что существующие технологии и способы утилизации отходов требуют дальнейшего совершенствования и внедрения более эффективных методов.

Анализ системы сортировки на полигоне «Чемодановка» показал, что процедуры переработки отходов нуждаются в модернизации и оптимизации. Разработка биогазовой установки для энергоэффективной переработки пищевых отходов представляет собой перспективное направление получения энергии из органического сырья.

Расчеты энергетических свойств непищевых отходов показали возможность использования и утилизации топлива RDF-топлива для производства тепла и электроэнергии.

Таким образом, реализация предлагаемой технологии утилизации ТКО на полигоне «Чемодановка» может помочь улучшить экологическую ситуацию в регионе, снизить негативное воздействие отходов на окружающую среду и стать дополнительным возобновляемым источников энергии.

Список использованных источников

1. Golobokov S.V., Lesin I.A., Tichomirova A.A., Chukareva M.M. The use of solid household waste as fuel in the housing and utilities sector // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2021. – Vol. 866. – №. 1. – Pp. 012–029.
2. Автоматическая сортировка отходов. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://clck.ru/3Abdrw> (дата обращения: 24.06.2024).
3. Биореактор с гибким газгольдером объемом 5647 м³. [Электронный ресурс]. – Режим

- доступа: <https://clck.ru/3Abh87> (дата обращения: 24.06.2024).
4. Когенерационная установка TEDOM серии Quanto D2000C. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://clck.ru/3Abihw> (дата обращения: 24.06.2024).
 5. Сергиенко О.И., Рахманов Ю.А., Кузнецова К.Г., Курникова Н.В. Новые энерго- и ресурсосберегающие процессы в экономике замкнутого цикла: Научно-учебное издание. – СПб.: Университет ИТМО, 2023. – 129 с.
 6. Утилизация RDF-топлива в котлах «СОЮЗ-ПРОЕКТ». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://soyuz-online.ru/index.php?menu=spezproekt/spezproekt9> (дата обращения 24.06.2024).
 7. Установка сухой очистки дымовых газов от кислых компонентов [Текст]: пат. 2687410 Рос. Федерация: МПК В01D 53/00 / Чернин С.Я.: заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «ППФ-ЮСТИС». – № 2018123012; заявл. 2018.06.25; опубл. 2019.05.13.
 8. Циклон БЦУ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ciklony.ru/zolouloviteli/ciklony-bcu/> (дата обращения: 24.06.2024).
 9. Справочник химика 21 века. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://chem21.info/article/733170/> (дата обращения: 24.06.2024).
 10. Наилучшие доступные технологии и организация экологически более чистого производства: учеб.-метод. пособие / сост. О.И. Сергиенко, В.А. Савоскула, А.С. Павлова. – СПб.: Университет ИТМО, 2018. – 36 с.

Выпускник

Li Yujiao

институт "Высшая инженерно-техническая школа"
e-mail: 644625872@qq.com

Научный руководитель

Мараев Антон Андреевич

к.т.н., руководитель группы научно-технического развития центра прикладной оптики
e-mail: aamaraev@itmo.ru

УДК 535.92; 535.8; 62-408.6

**DEVELOPMENT OF A LASER SCANNING SYSTEM
FOR NON-TRANSPARENT OBJECTS**

Ключевые слова

Non-transparent, laser measurement, image processing, triangulation, fringe center extraction.

Цели и задачи

Laser has the characteristics of good unidirectionality, high brightness, concentrated energy and stability, it is widely used in the field of non-contact measurement. Laser scanning is a measurement technology based on laser triangulation. The traditional laser triangulation is based on the Scheimpflug condition [1], which lens plane and detector are non-axial. Such a structure is unstable, expensive, and requires specific triangulation sensors. The goal is to develop a triangulation laser scanning system for non-transparent parts, which is able to reconstruct the profile of the surface scanned. We analyze the impact of each optical parameter on system performance through simulation, thereby determining each system parameter, and to visualize the impact of defocus error on measurement results through experiments.

Основная часть (методология, результаты)

We compare and analyze the traditional laser triangulation method with the coaxial structure in which the photosensitive surface of the detector is parallel to the main surface of the objective lens. The simulation analyzes the changing relationship among the optical power received by the objective lens, the working angle, and the working distance on different reflection type of surfaces in the measurement system.

Sensitivity and resolution are important parameters of triangulation systems [2]. The higher the sensitivity and the smaller the resolution, the better the performance of the system. Through the measurement principle formula, to simulate the influence of each optical structure parameters on the

performance of the measurement system. The fixed focal length is an important guarantee for the stability of the system. Direct triangulation mainly receives the diffuse reflection information of the measurement surface, and the optical power received by the objective decreases as the working angle increases. Although the resolution of the system is smaller with the larger the working angle, the resolution at around 20° is less than 1mm. It is smaller than the measured laser width [3]. Although sensitivity will decline as the working distance increase, the change between 100 mm and 300 mm is small which is only about 0.03 mm. Which means the changing of the working distance has small influence on performance. However, at shorter working distance ranges (120 mm to 180 mm), the effect of the working distance on the defocus error is greater than 0.1 mm. In this case, we should consider choosing the working distance with a small defocus error.

Therefore, it is important to select the system parameters appropriately if take into account the system performance and the energy received. Depending on the selected parameters, the system can measure objects in the size range of height upper 20 mm and width upper 66 mm, which is larger than the measurement requirements needed for the initial data (height upper 15 mm, width upper 50 mm). When the diffuse reflectance of the measured object is the smallest ($\rho = 0.1$), the energy received by the detector is calculated to be much larger than the minimum energy the detector can respond to ($E_{im}(864.06lux) \gg E_{min}(6 \times 10^{-3}lux)$). Therefore, the selected parameters proved to be reasonable and met the design requirements.

Choose an appropriate light source and image sensor, and observe the imaging of surfaces with different diffuse reflectance coefficients on the detector. Under the selected measurement surface type ($\rho: 0.1-0.8$), it can obtain information of the object surface (diffuse reflectance at $\lambda = 0.65 \pm 0.002 \mu\text{m}$ is 0.1). By changing the measurement angle to equivalently simulate the defocus of the system, measure an object with a known height and visualize the impact of the system's defocus error on the measurement results. The closer the measured object surface is to the reference surface, the smaller the defocus distance, and the smaller the corresponding measurement error.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

After the simulation and analysis, the selected parameters proved to be reasonable and met the design requirements. From the experimental data, the defocus error has an influence on the measurement results, but through processing the subsequent of the results, the relative error of the measurement can reach 6.7%. Taking into account the environmental factors of the experiment, measurement accuracy conditions, detector resolution and human reading errors, this system is feasible when the measurement accuracy requirements are not high.

In real conditions, metallic parts has a complex shape. In future work, we plan to improve the code for image processing and stripe center extraction and apply the method to the measurement of complex metal surfaces.

Список использованных источников

1. Miks A., Novak J., Novak P. Analysis of imaging for laser triangulation sensors under Scheimpflug rule. // Optics Express. – 2013. – №. 21(15). – Pp. 18225–35.
2. Donges A., Noll R. et al. Laser Measurement Technology: Fundamentals and Applications. // Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 2015. – Pp. 99–142.
3. YANG Zhaojin. Introduction to laser measurement technology. // Beijing: National Defense Industry Press, 2017. – 456 p.

Выпускник

Маалла Язан

факультет систем управления и робототехники

e-mail: yazan.a.maalla@gmail.com

Научный руководитель

Колюбин Сергей Алексеевич

доцент, д.т.н., профессор факультета систем управления и робототехники

E-mail: s.kolyubin@itmo.ru

УДК 004.896

**RESEARCH ON ROBUST VISUAL-INERTIAL ODOMETRY ALGORITHMS
FOR QUADCOPTERS LOCALIZATION**

Ключевые слова

Visual-inertial odometry (VIO), Bundle adjustment, Quadcopter, Deep learning, Feature detection, Feature matching.

Цели и задачи

The main goal of the research is to develop a robust and efficient monocular Visual Inertial Odometry (VIO) system that can be used in Micro Aerial Vehicle operations.

The proposed approach emphasizes the fusion of visual and inertial data to improve real-time performance and overcome sensor-specific limitations. And enhances localization accuracy in challenging environments by utilizing the robustness of line features to illumination changes and their ability to capture structural details in human-made environments, complementing the versatility of point features. And also by incorporating deep learning-based feature extraction and matching techniques into the VIO framework.

Основная часть (методология, результаты)

The research focuses on developing and enhancing robust visual-inertial odometry (VIO) algorithms for the localization of quadcopters. Given the increasing reliance on quadcopters for applications such as surveillance, search and rescue, and delivery services, the need for precise and reliable localization systems is paramount. Traditional VIO systems often struggle in challenging environments, such as those with textureless surfaces, repetitive patterns, and sudden lighting changes. This research aims to address these limitations by incorporating deep learning-based feature extraction and matching techniques into the VIO framework, and also integrating point and line features to enhance localization performance.

The core of the proposed system is a monocular VIO approach that synergistically combines visual data with inertial measurement unit (IMU) data. IMU sensors provide high-frequency motion data that are crucial for estimating the system's state during rapid movements and in low-visibility conditions. However, IMU sensors are susceptible to drift over time. Conversely, visual data from cameras offer rich environmental context and precise feature localization but can be affected by lighting variations and textureless scenes. The fusion of IMU and visual data mitigates the individual limitations of each sensor, resulting in a more robust and accurate localization system.

The deep learning components utilized include SuperPoint [1] for feature detection and descriptor extraction and SuperGlue [2] for feature matching. SuperPoint efficiently detects keypoints and computes descriptors, while SuperGlue employs an attentional graph neural network for context-aware feature matching. These deep learning models were able to provide rich and accurate visual matches in situations where traditional methods fail, or give wrong matches, which may lead the whole system to drift or even to fail.

Integrating point and line features enhances localization performance by leveraging the complementary strengths of each feature type. Line features are inherently more robust to illumination changes and provide substantial information about human-made environments, where straight edges and defined structures are prevalent. However, the matching process for lines is computationally complex, posing challenges for real-time applications. To address this, a point matching-based method is employed, wherein lines are matched through the points they encompass. This approach simplifies the matching process while retaining the structural advantages of line features. By matching points along the line segments, the system benefits from the robustness and rich contextual information of line features without the high computational cost traditionally associated with direct line matching.

The proposed VIO system is designed to operate in real-time, suitable for practical deployment in quadcopters. The use of a single camera (monocular) rather than a stereo setup is particularly advantageous in mobile robot applications due to reduced hardware complexity, lower power consumption, and lighter payload, all of which are critical for aerial platforms. Additionally, monocular systems are less affected by baseline distance limitations and can be more flexible in various deployment scenarios.

The system's optimization framework aims to determine the optimal state (pose of the mobile robot) and map points by minimizing a cost function. This cost function employs the Huber kernel to robustly handle outliers in the error function. The error function consists of three terms: point feature reprojection error, line feature reprojection error, and inertial data error based on preintegration theory.

The point and line feature reprojection errors measure the discrepancy between observed and predicted feature positions, ensuring accurate visual localization. The error terms are given by the equations 1 and 2.

$$E_{P_{k,i}} = \bar{x}_{k,i} - \pi(R_C^W X_i + t_C^W), \quad (1)$$

where X_i is the feature point in 3D coordinates, $\bar{x}_{k,i}$ is the projection of X_i on the frame k and $\pi(\cdot)$ represents the camera projection. R_w^C and t_w^C are the rotation matrix and the translation vector between the world Frame W and the camera frame C .

$$E_{L_{k,i}} = e_l(\bar{l}_{k,i}, P(H_C^W L_i)), \quad (2)$$

$$e_l({}^k \bar{l}_i, {}^k l_i) = [d({}^k \bar{p}_{i,1}, {}^k l_i) \quad d({}^k \bar{p}_{i,2}, {}^k l_i)]^T, \quad (3)$$

where ${}^k \bar{l}_i$ is the observation of ${}^w L_i$ on frame k , $d(p, l)$ is the distance between point p and line l , and ${}^k \bar{p}_{i,1}$ and ${}^k \bar{p}_{i,2}$ are the endpoints of ${}^k \bar{l}_i$. ${}^k P$ is the projection Matrix, and ${}^c H$ is the transformation matrix from the world frame to the camera frame that is used to project and transform line segments represented in 3D Plücker coordinates. Briefly, in Plücker coordinates each line is represented as in equation 4, where n is the normal vector of the plane determined by the line and the origin, and v is the direction vector of the line.

$$L = \begin{bmatrix} n \\ v \end{bmatrix} \in \mathbb{R}^6 \quad (4)$$

The inertial data error term incorporates preintegrated IMU measurements, this concept was proposed in the work [3] for preintegration on the manifold $SO(3)$, and the error term contains three terms (equation 5); one for rotation part (equation 6), the other for linear velocity part (equation 7), and the last for the position part (equation 8).

$$E_{I_{i,j}} = [e_{\Delta R_{ij}}, e_{\Delta v_{ij}}, e_{\Delta p_{ij}}] \quad (5)$$

$$e_{\Delta R_{ij}} = \log((\Delta \tilde{R}_{ij}(\bar{b}_i^g) \exp(\frac{\delta \Delta \tilde{R}_{ij}}{\delta b^g} \delta b^g))^T R_i^T R_j) \quad (6)$$

$$e_{\Delta v_{ij}} = R_i^T (v_j - v_i - g \Delta t_{ij}) - [\Delta \tilde{v}_{ij}(\bar{b}_i^g, \bar{b}_i^a) + \frac{\delta \Delta \tilde{v}_{ij}}{\delta b^g} \delta b^g + \frac{\delta \Delta \tilde{v}_{ij}}{\delta b^a} \delta b^a] \quad (7)$$

$$e_{\Delta p_{ij}} = R_i^T (p_j - p_i - v_i \Delta t_{i,j} - \frac{1}{2} g \Delta t_{i,j}^2) - [\Delta \tilde{p}_{ij}(\bar{b}_i^g, \bar{b}_i^a) + \frac{\delta \Delta \tilde{p}_{ij}}{\delta b^g} \delta b^g + \frac{\delta \Delta \tilde{p}_{ij}}{\delta b^a} \delta b^a] \quad (8)$$

where R_i, v_i, p_i are the rotation matrix, the velocity, the position at time i respectively.

ω_B^k, a_B^k are the angular velocity and the linear acceleration at time k respectively. (IMU measurements). b_g^k, b_a^k are the gyroscope and accelerometer biases, η_g^k, η_a^k are the gyroscope and the accelerometer noises. g^w is the gravity vector in the world frame. Δt_{ij} is the time interval between keyframes i and j . Δt is the time interval between two consecutive IMU measurements. \exp is the exponential map function that maps the angular velocity to the rotation matrix, \log is the logarithmic map function that maps the rotation matrix to the angular velocity. (\cdot) denotes the noisy measurements, $(\hat{\cdot})$ denotes the estimated values.

The research regarding the usage of line features was inspired by the work of Airvo [4], where they proposed a stereo camera based visual odometry system that uses both point and line features in order to improve the accuracy and robustness of the system. And by ORBSLAM [5] regarding the fusion of inertial and visual data, and the sliding window based optimization process.

Evaluation

The performance of the proposed VIO system is evaluated using the Euroc and Aqualoc benchmark datasets. The Euroc dataset features diverse indoor environments with varying levels of difficulty. Figure shows the estimated trajectory for the MH01 sequence, and estimated position components $[x, y, z]$ of the full trajectory against the ground truth, where the color map represents the absolute translation error.

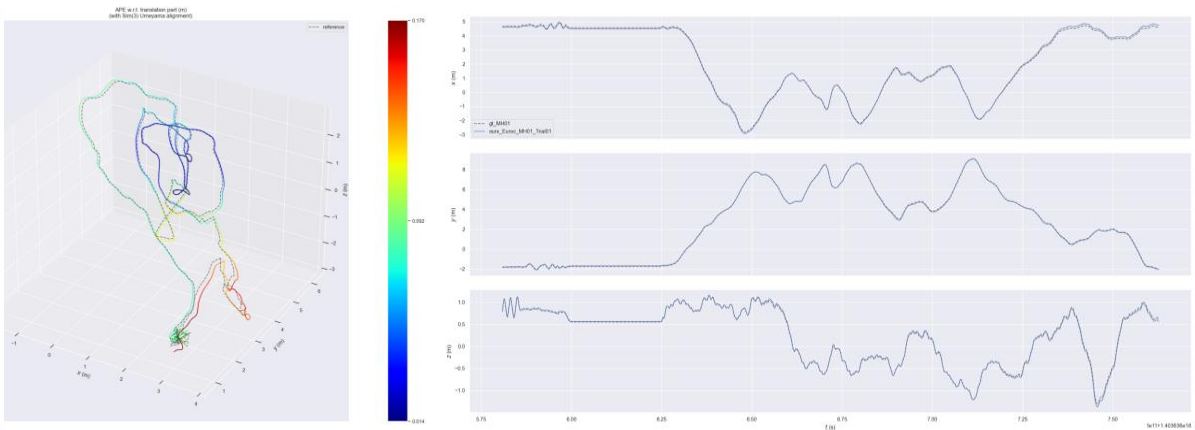


Figure. EuRoC MH01 sequence estimated trajectory against the ground truth trajectory

The evaluation metric in the quantitative results is the absolute translation error, which is the average deviation from the ground truth trajectory as defined in formula 9.

$$ATE_{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - x_i^{gt})^2 + (y_i - y_i^{gt})^2 + (z_i - z_i^{gt})^2}. \quad (9)$$

The evaluation results demonstrate that the proposed VIO system outperformed the state-of-the-art visual inertial odometry systems as shown in Table 1, and presented a competitive performance compared to the full SLAM algorithm that is more complex and computationally expensive than VIO, and even outperforming some of them in some of the sequences of the dataset as shown in Table 2.

Table 1. Results of EuRoC dataset sequences, ATE RMSE [m]. The best results are shown in bold, the second-best results are shown in underlined, × indicates that the algorithm failed to complete the trajectory

	VINS Mono	RVIO	ROVIO	OKVIS	SVO	MSCKF	OURS
MH01	0.164	0.358	0.251	0.367	<u>0.140</u>	0.420	0.093
MH02	<u>0.190</u>	1.044	0.653	0.378	0.201	0.450	0.062
MH03	<u>0.160</u>	1.319	0.450	0.277	0.480	0.230	0.117
MH04	0.358	2.029	1.007	<u>0.323</u>	0.119	1.380	<u>0.177</u>
MH05	<u>0.309</u>	0.707	1.448	0.451	0.510	0.480	0.161
VR0101	<u>0.078</u>	0.128	0.159	0.087	0.412	0.009	0.047
VR0102	0.109	0.808	0.198	0.157	0.631	0.200	<u>0.114</u>
VR0103	0.230	<u>0.103</u>	0.172	0.224	×	0.240	0.067
VR0201	<u>0.074</u>	0.244	0.299	0.132	0.202	0.130	0.064
VR0202	<u>0.147</u>	0.235	0.642	0.185	0.373	0.160	0.047
VR0203	0.235	0.903	<u>0.191</u>	0.305	×	0.290	0.084

Table 2. Results of EuRoC dataset sequences, ATE RMSE [m]. The best results are shown in bold

	MH01	MH02	MH03	MH04	MH05	VR11	VR12	VR13	VR21	VR22	VR23
ORB SLAM	0.044	0.083	0.044	0.082	0.064	0.091	0.063	0.066	0.076	0.058	0.063
OURS	0.093	0.02	0.117	0.177	0.161	0.047	0.114	0.067	0.064	0.047	0.084

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

In conclusion, this research contributes significantly to the field of autonomous navigation by providing a robust and reliable VIO system for quadcopters. By integrating advanced deep learning techniques, IMU data fusion, and hybrid feature approaches, the system effectively overcomes many limitations faced by traditional VIO methods. This advancement is crucial for applications requiring precise and consistent state estimation in dynamic and challenging environments, thereby enhancing the operational capabilities and reliability of quadcopters in real-world scenarios.

СПИСОК ОСНОВНЫХ ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. DeTone D., Malisiewicz T., Rabinovich A. Superpoint: Self supervised interest point detection and description // 2018 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW). – 2017. – №. 712. – Pp. 337–339.
2. Sarlin P.-E., DeTone D., Malisiewicz T., Rabinovich A. Super-glue: Learning feature matching with graph neural networks // 2020 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). – 2019. – Pp. 4937–4946.

3. Forster C., Carlone L., Dellaert F., Scaramuzza D. On-manifold preintegration for real-time visual-inertial odometry // *IEEE Transactions on Robotics*. – 2017. – Vol. 33. – №. 1. – Pp. 1–21.
4. Xu K., Hao Y., Wang C., Xie L. Airvo: An illumination-robust point-line visual odometry // *2023 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)*. – 2022. – Pp. 3429–3436.
5. Campos C., Elvira R., Rodr'iguez J.J.G., Montiel J.M.M., Tardós J.D. ORB-SLAM3: An accurate open-source library for visual, visual-inertial, and multimap slam // *IEEE Transactions on Robotics*. – 2020. – Vol. 37. – Pp. 1874–1890.

Выпускник

Мамедгулиев Руслан Исламович

факультет технологического менеджмента и инноваций

e-mail: mamedguliev-ruslan2000@yandex.ru

Научный руководитель

Гаврилюк Елена Сергеевна

доцент, к.э.н., доцент факультета технологического менеджмента и инноваций

e-mail: gavrilyukes@itmo.ru

УДК 65.011.56

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВНЕДРЕНИЯ
ЦИФРОВЫХ РЕШЕНИЙ В АРХИТЕКТУРУ КОРПОРАТИВНЫХ
УНИВЕРСИТЕТОВ**

Работа выполнена в рамках темы НИР № 623109 «Университет как платформа для экосистемы воспроизводства человеческого капитала: концепция управления».

Ключевые слова

Автоматизация, информационные системы, корпоративные университеты, методологии внедрения, образование, цифровые технологии.

Цели и задачи

В условиях быстро меняющегося мира и растущей конкуренции, бизнес стремится к непрерывному самосовершенствованию и развитию компетенций сотрудников. Одним из инструментов для достижения этой цели является корпоративный университет.

Стремление компаний к развитию своего человеческого капитала через обучение путём создания корпоративного университета повышается с каждым годом. По состоянию на 2024 год, по оценкам, в мире имеется от 4 до 10 тысяч корпоративных университетов, где используют цифровые технологии в обучении [1]. Симбиоз в корпоративном университете цифровых решений образует огромную архитектуру, и по Gartner, до 2030 года повысится до 76 % доля компаний с архитектурным подходом. Однако, в 82% компаний России (вне Москвы и Санкт-Петербурга) в настоящее время нет даже LMS-систем. Таким образом, целью данной работы стала разработка методического обеспечения внедрения цифровых решений в архитектуру корпоративных университетов.

Задачами работы выступили следующие положения: определение направлений функционирования корпоративных университетов в структуре компаний, составление описания особенностей его архитектуры, подготовка обзора информационных технологий и программных продуктов, разработка матрицы критериев выбора цифрового решения и алгоритма его внедрения, обоснование применения качественных и количественных метрик в проектах внедрения, также разработка стратегии адаптации цифровых продуктов.

Основная часть (методология, результаты)

Корпоративный университет представляет собой особую платформу компании по реализации экосистемы знаний. На основании контент-анализа была разработана модель диверсификации корпоративного университета как вектора бизнеса (рис. 1). Анализ возможностей функций корпоративных университетов позволил сегментировать корпоративные университеты [2] по количеству видов деятельности и составить типовой перечень тех проектов, которые они проводят в рамках своей цифровой трансформации.

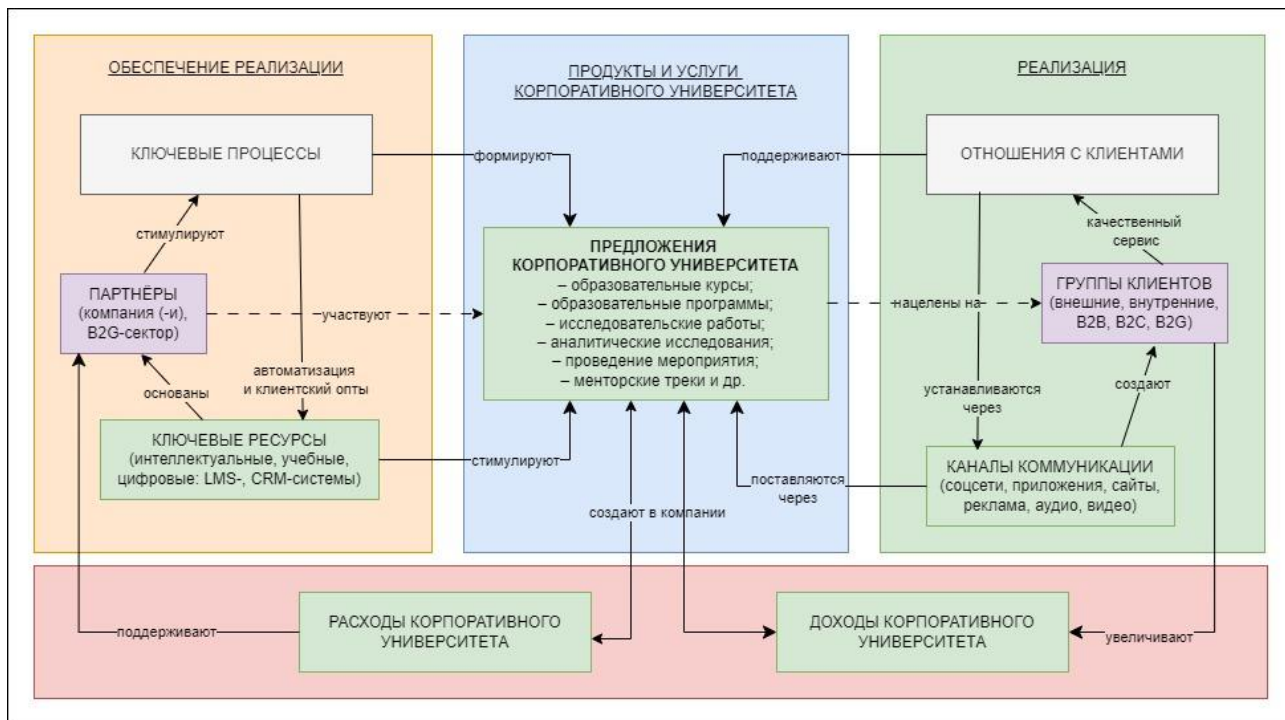


Рис. 1. Модель развития корпоративного университета как отдельного направления бизнеса с учётом применения различных информационных и digital-технологий

Функциональная карта бизнес-способностей развитого корпоративного университета (рис. 2) выделяет следующие направления их работы: управление талантами (организация работы с сотрудниками и студентами), издательская деятельность, научная деятельность (R&D), экспертиза и консалтинг, а также развитие бренда корпоративного университета и самой компании.

На основе проведённого сравнительного анализа было выявлено, что методология TOGAF (The Open Group Architecture Framework) является наиболее подходящим архитектурным фреймворком для описания архитектуры корпоративного университета на основе критериев: основа реализации – через бизнес-архитектуру, простота, наличие наименьшего числа шагов и универсального языка моделирования. Основа его архитектуры – экосистема курсов, реализующихся через клиентоориентированный подход.

Корпоративный университет имеет различные цифровые решения, наиболее важные из них – это LMS-, LXP- и KMS- системы. Анализ методик внедрения цифровых систем показал, что методологии Accelerated SAP и IC являются более подходящими для использования корпоративным университетом. При этом хотелось бы отметить, что могут быть использованы российские проектные практики компаний, которые могут в будущем перерасти в универсальные российские методики, например, группы Astra, компаний VK Cloud, Softline и T1.

Перечень критериев выбора цифровых решений включает 16 показателей и ориентирован на корпоративные университеты малых, средних и больших компаний. Разработанный алгоритм внедрения состоит из шести шагов: инициация проекта и выбор

системы, предварительное изучение компании и анализ инфраструктурных возможностей, разработка концепции внедрения, реализация программного обеспечения, внедрение системы в деятельность корпоративного университета, эксплуатация системы. Следует отметить, что данный алгоритм учитывает анализ архитектуры и то, что внедряется: решение компании или продукт от вендора.

Управление талантами		Издательская деятельность	Научная (R&D) деятельность	Консалтинг и экспертиза	Развитие бренда корпоративного университета и компании
Работа с сотрудниками	Работа со студентами				
Планирование привлечения сотрудников	Установление связей с вузами и EdTech-агрегаторами	Печать книг и брошюрной продукции	Проведение R&D-проектов	Работа над проектами компании	Ведение корпоративного портала
Рекрутмент кандидатов	Карьерные мероприятия	Редакторская деятельность	Регистрация РИД	Проекты индустрии	Организация академии знаний
Обучение новых сотрудников	Карьерные курсы-интенсивы	Дизайн продукции	Ведение реестра R&D-проектов	Проекты из смежной индустрии	Открытые курсы
Развитие талантов	Стажировки	Взаимодействие с авторами	Приобретение талантов к R&D	Профильный консалтинг	Открытые мероприятия
Проведение ассессмента	Проведение ассессмента	Продажа продукции	Трансфер R&D в бизнес	Организация полевых работ	Организация подкастов и блогов
Работа с топ-специалистами	Корпоративные программы в вузах	Работа типографии	Совершенствование управления	Аналитические исследования	Ведение социальных сетей
Производство курсов	Менторство и коучинг		Выделение финансирования на R&D-проекты	Проведение митапов, конференций и форумов	Создание медиа-материалов
Онбординг специалистов			Лицензирование и трансфер работ	Эдвайзинг	Развитие семантики бренда
Менторство и коучинг				Продажа экспертных услуг	Амбассадоринг курсов и компании
Работа с EdTech-агрегаторами					

Рис. 2. Функциональная карта бизнес-способностей развитого корпоративного университета

Каждое цифровое решение в архитектурном репозитории имеет свой жизненный цикл (ИТ-идея, ИТ-прототип, ИТ-проект и «историческая система») [3], и независимо от того, какой этап «проходит» программная система, был установлен унифицированный перечень количественных и качественных метрик по оценке решений в системе корпоративного университета. В этот перечень, такие показатели, как чистая приведённая стоимость, срок окупаемости, доходность проекта, индекс рентабельности, обеспечение функциональной пригодности, поддержка уровня производительности, совместимость решений, удобство использования, эксплуатация и другие. Кроме того, при оценке решений в архитектуре корпоративного университета можно использовать следующие методологии: BSC (Balanced Scorecard), ITS (IT Scorecard), TVO (Total Value of Opportunities) и IE (Information Economics).

Разработанная автором стратегия адаптации цифровых продуктов в архитектуре корпоративного университета включает в себя пять подходов: продуктовый, архитектурный, с использованием концепций ITIL и ITSM, а также реализация технической поддержки ИТ-проектов. Архитектурный подход в стратегии является основополагающим, так как рассматривает цифровые решения по уровням детализации и их функциям, их экосистему и архитектуру как код.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В ходе проведённого исследования были рассмотрены корпоративные университеты как важные драйверы проведения стратегических изменений в компаниях. Интерес бизнеса к явлению корпоративного университета только растёт, и как показывают аналитические исследования различных компаний из сферы консалтинга, потребность в обеспечении

человеческого капитала бизнеса будет и дальше увеличиваться в связи с тем, что условия цифровой экономики постоянно создают новые изменения на фоне неопределённости: от внешней среды, трансформации практических навыков работников и новых достижений научно-технического прогресса. Корпоративный университет как инструмент анализа, адаптации технологий под нужды конкретного бизнеса и их внедрения позволяет повысить конкурентные преимущества компании.

Архитектура [4] корпоративного университета состоит из взаимосвязанных между собой информационных технологий, данных, людей, технологического и бизнес-контекста. Необходимость в развитии данных представлений корпоративного университета имеет место для совершенствования практики процессного управления материнской компанией, основанного на том, чтобы проектировать трансформации корпоративного университета и компании без особых рисков, прежде всего, для их сотрудников, обучающихся, исследователей, занимающихся работой по созданию инновационных продуктов бизнеса для конкуренции на рынке.

Список использованных источников

1. Плетнёв Д.А., Казадаев М.С. Корпоративные университеты в России как драйвер стратегического развития компаний // Научные труды Вольного экономического общества России. – 2022. – №. 5. – С. 202–221.
2. Катькало В.С., Шумкова Н.В. и др. Корпоративные университеты России – 2023 // В.С. Катькало, Н.В. Шумкова, Д.Л. Волков, И.А. Дементьева. – М.: Издательский дом Высшей школы экономики, 2023. – 280 с.
3. Лукьянова А.В. Управление проектами в области информационных технологий // А.В. Лукьянова, И.В. Трифонов, Н.Н. Трифонова, Н.А. Череповская, И.В. Корнеева. – М.: Кнорус, 2022. – 236 с.
4. Ильин И.В., Лепёхин А.А., Борреманс А.Д. и др. Архитектура предприятия и цифровая трансформация: учебное пособие / И.В. Ильин [и др.]. – СПб.: Политех-Пресс, 2022. – 74 с.

Выпускник

Маньшина Елена Витальевна

факультет программной инженерии и компьютерной техники

e-mail: 265101@niuitmo.ru

Научный руководитель

Государев Илья Борисович

доцент, к.п.н., доцент факультета программной инженерии и компьютерной техники

e-mail: goss@itmo.ru

УДК 004

ИССЛЕДОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ПОДХОДОВ К РЕНДЕРИНГУ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЙ

Ключевые слова

Рендеринг, клиентский рендеринг, серверный рендеринг, неразрушающая гидратация, метрики производительности, SEO.

Цели и задачи

Компания Google с 2009 года заинтересована в увеличении скорости загрузки веб-сайтов. Поисковику выгодно показывать в выдаче быстрые, удобные, безопасные и содержательные сайты. Качественный рендеринг обеспечивает быструю загрузку и корректное отображение страниц, что положительно сказывается на удовлетворенности пользователей, поэтому важно использовать средства измерения производительности веб-сайтов. Существует большое количество метрик и инструментов для измерения производительности рендеринга веб-приложений, однако некоторые из них уже устарели или являются мало информативными. При анализе литературы было выявлено, что тема рендеринга веб-приложений распространена, однако тяжело найти качественные научные источники, рассматривающие новые наборы метрик, а также поднимающие вопросы неразрушающей гидратации в серверном рендеринге. Цель данной работы – исследование подходов и разработка методики тестирования производительности рендеринга веб-приложений на Angular, а именно клиентского рендеринга, серверного рендеринга и серверного рендеринга с неразрушающей гидратацией.

Основная часть (методология, результаты)

В рамках работы были разработаны три приложения на базе фреймворка Angular с различными подходами к рендерингу. Приложение представляет собой лендинг магазина

наушников (рис. 1) – веб-сайт, которому необходимо иметь быструю скорость начальной загрузки, чтобы пользователь остался доволен взаимодействием с сайтом и провел на нем большее количество времени. Также сайт должен быть оптимизированным для SEO [1], чтобы улучшить его видимость в результатах поиска.

Angular 15 SSR

Наушники



Рис. 1. Разработанный веб-сайт

С помощью Lighthouse CI проводились тесты производительности, основанные на метриках (рис. 2):

- First Contentful Paint,
- Largest Contentful Paint,
- Total Blocking Time,
- Speed Index.

С помощью Gtmetrix был измерен показатель Time To Interactive.

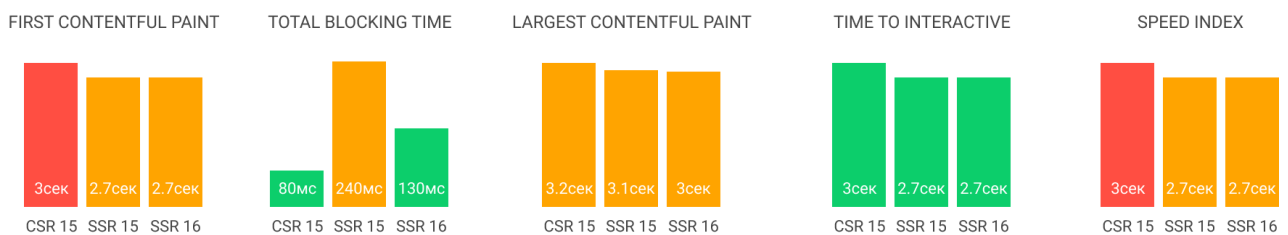


Рис. 2. Метрики производительности

В ходе эксперимента было выявлено, что серверный рендеринг дает меньший FCP, однако серверный рендеринг без неразрушающей гидратации (SSR 15) на Angular 15 уступает клиентскому (CSR 15) из-за увеличения Total Blocking Time в 4 раза. Данная задержка в интерактивности связана с разрушением DOM-дерева, полученного от сервера, и его вторичным построением на клиенте с дальнейшим прикреплением обработчиков событий. Данный процесс получил название гидратация [2].

Неразрушающая гидратация в Angular 16 позволяет сократить время блокировки страницы за счет переиспользования DOM-дерева, что положительно сказывается на скорости визуальной готовности страницы и удовлетворенности пользователей.

Метрика Speed Index помогает определить общий опыт взаимодействия со страницей. На основании нее можно понять, как пользователь воспринимает время загрузки страницы. На

рисунке 3 ниже можно заметить, что страница А отображает контент частями, начиная со второй секунды, а В – только под конец временного интервала. Speed Index равен площади над графиком степени визуальной готовности страницы. Данный показатель ниже у SPA с клиентским рендерингом, так как во время первоначальной загрузки отображается пустая страница из-за задержки перед загрузкой пакетов JavaScript и получения данных от сервера [3].

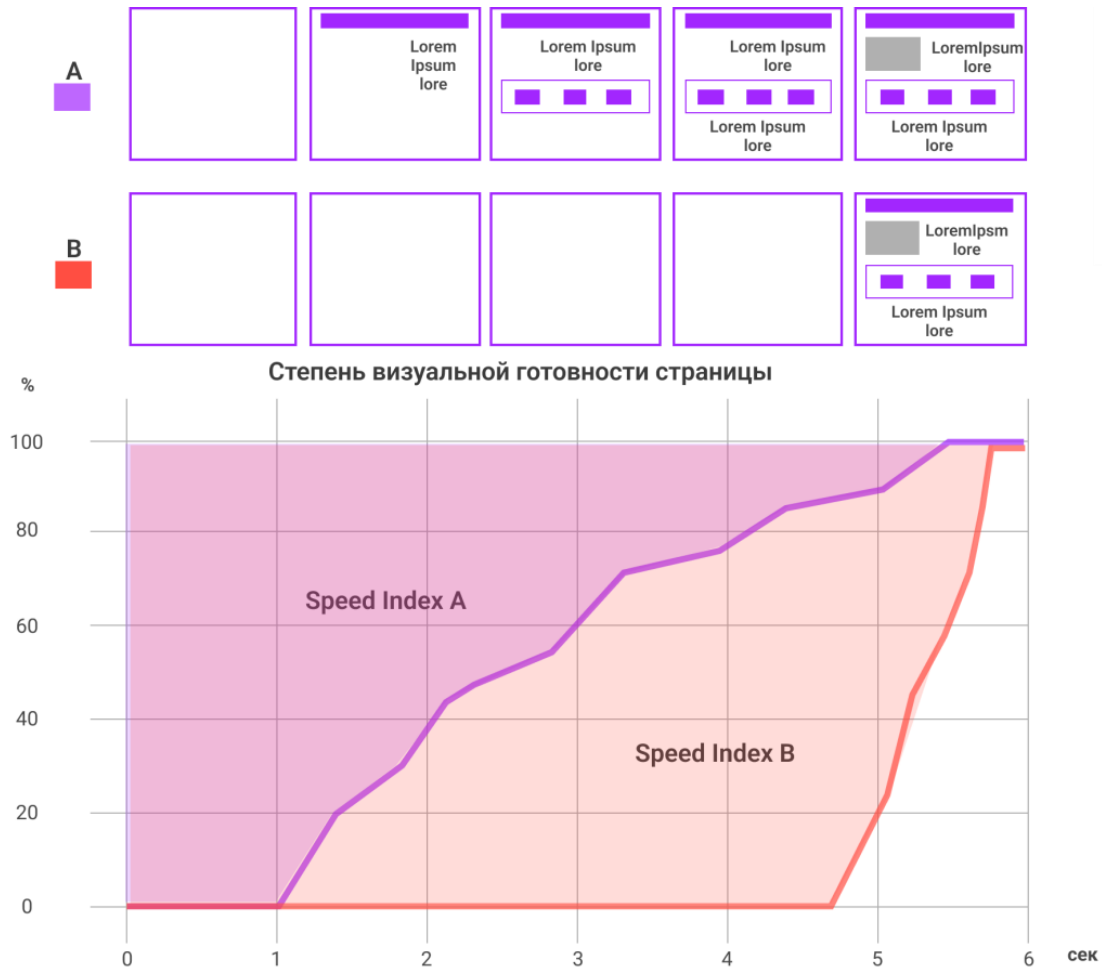


Рис. 3. Оценка степени визуальной готовности страницы

Данный эксперимент был автоматизирован с помощью технологии CI/CD. В рамках работы был создан pipeline, осуществляющий проверку демонстрационного приложения линтером, запуск тестирования производительности, сборку докер-контейнера. Затем готовое приложение запускается на удаленном сервере с публичным IP-адресом в автоматическом режиме.

Теоретическая значимость работы заключается в обобщении и систематизации информации о современных подходах к рендерингу веб-приложений и тестированию их производительности. Было произведено сравнение наиболее популярных методов рендеринга для приложения Angular, и выявлено, что серверный рендеринг с неразрушающей гидратацией позволяет объединить преимущества как клиентского, так и серверного рендеринга, способствуя тому, чтобы страница стала быстрее интерактивной.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В ходе работы были проанализированы метрики производительности веб-приложений и выявлены самые содержательные из них. Для приложений на Angular было проведено

тестирование производительности рендеринга, а также его автоматизация. В ходе тестирования было выявлено, что рендеринг на стороне сервера — это эффективный метод оптимизации производительности начальной загрузки и обеспечения быстрого взаимодействия с пользователем.

Неразрушающая гидратация в Angular 16 дополняет серверный рендеринг и преобразует статический HTML в интерактивное приложение на стороне браузера без необходимости его повторного рендеринга. Объединив преимущества серверного рендеринга и неразрушающей гидратации, приложения Angular могут ускорить начальную загрузку, обеспечить удобство работы с пользователем и улучшить видимость в поисковых системах.

Команда Angular изучает возможность реализации частичной гидратации и возобновляемости (resumability) для улучшения серверного рендеринга, что обуславливает продолжение исследований в данном направлении.

Список использованных источников

1. Markovic D., Scekic M., Bucaioni A., Cicchetti A. Could Jamstack be the future of web applications architecture? An empirical study // Proceedings of the ACM Symposium on Applied Computing. – Pp. 1872–1881.
2. Документация Angular. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://next.angular.io/guide/hydration> (дата обращения: 01.11.2023).
3. Гуляев М.Ю. Основные архитектурные подходы при построении веб-приложений // Modern Science. – 2022. – №. 5–2. – С. 247–252.

Выпускник

Миргазов Эдуард Радикович

факультет систем управления и робототехники

e-mail: eduard.mirgazov@gmail.com

Научный руководитель

Томашевич Станислав Игоревич

к.т.н., доцент факультета систем управления и робототехники

e-mail: tomashevich.stanislav@gmail.com

УДК 004.89

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАДАЧИ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ БПЛА
НА ОСНОВЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ С КАМЕРЫ**

Ключевые слова

БПЛА, компьютерное зрение, глубокое обучение, абсолютная локализация, имитационный алгоритм.

Цели и задачи

Для решения задачи локализации беспилотных летательных аппаратов, необходимой для выполнения любой реальной задачи, широко используются инерциальные навигационные системы и глобальная навигационная спутниковая система, однако у них есть недостатки. Таким образом, был предложен самодостаточный метод локализации, основанный на компьютерном зрении, суть которого заключается в извлечении полезной информации с бортовых камер и сопоставлении с предварительно сохраненными изображениями, содержащими географическую привязку. На данный момент уже существуют некоторые подходы, например с использованием двух ветвевой модели, которая при обучении решает задачу классификации [1] или с использованием автоэнкодера [2], однако не во всех работах рассматриваются метрики оценки и требования применительно к робототехническим системам или подобные метрики и требования присутствуют, однако, они были получены в ходе реальных испытаниях. Не во всех случаях есть возможность использовать реальный полигон для получения метрик и параметров и не всегда это целесообразно. Поэтому для получения первоначальных параметров предлагается использовать имитационный алгоритм.

Основная часть (методология, результаты)

На первом этапе собирается датасет, который состоит из базовых изображений со спутника, имеющих точную геопривязку и изображений, находящихся в окрестности базовых, которые имитируют снимки с дрона, для разных местоположений.

Далее модель нейронной сети обучается, при этом рассматривается задача многоклассовой классификации. Для одного и того же местоположения, включающего в себя базовый снимок и принадлежащие ему имитационные снимки присваивается один класс, что позволяет уменьшить различия между характеристиками с разных видов. Во время тестирования или применения модели слой классификации удаляется, и получаются характеристики для поданных изображений.

Предлагается следующий алгоритм оценки: после применения обученной нейронной сети извлекаются характеристики для реального изображения и заранее подготовленных или базовых. Используя меру сходства, такой как косинусное расстояние, можно измерить меру корреляции между изображениями. Таким образом, последовательно подавая пары изображений возможно отсортировать базовые изображения по убыванию сходства относительно реального изображения. Далее полученная и нормализованная мера корреляции используется в качестве весов, поэтому для вычисления соответствующих координат производится взвешенная сумма. Однако при описанном подходе, вклад в результирующую координату будут вносить абсолютно все базовые, что может вызывать неточность. Для избежания этого необходимо учитывать только наиболее вероятные базовые снимки, поэтому предлагается следующий подход: берется наибольшее число или из снимков, обладающих весом больше 0,2 или из снимков, для которых разница между мерами сходства будет меньше, чем минимальная разница между мерами сходства у предыдущих снимков.

Для обеспечения полноты исследования был разработан имитационный алгоритм оценки, который может быть применён для анализа качества работы при использовании других алгоритмов оценки координат. Любую траекторию можно разбить на совокупность прямых. На каждой прямой с некоторой частотой берутся базовые изображения, а также параллельно данным прямым с обеих сторон также берутся базовые изображения, чтобы была возможность учитывать снос в сторону от желаемой прямой при расчете координаты. В начальный момент времени известна точная координата и направление движения. Получение реального изображения происходит по следующему сценарию: перед всем моделированием случайно моделируется возмущение, которое будет воздействовать на БПЛА, а именно направление и скорость, которое в реальной среде может быть вызвано, например, ветром; далее исходя из действительной координаты получается имитационное изображение с БПЛА, на которое накладываются искажения контраста, яркости, оттенка и бочкообразной дисторсии. После этого вычисляется оценочная координата, из которой прокладывается новая прямая, проходящая через конец заданной прямой. Данная прямая нужна для получения нового курса. Далее рассчитывается новое действительное положение БПЛА исходя из заданной скорости БПЛА, предыдущего вычисленного курса, скорости обработки изображения и отклонения, вызванного розой ветров. Получение новых изображений и оценка координаты происходит пока не будет достигнута контрольная точка или не будет превышено максимальное отклонение. На рисунке представлен предлагаемый алгоритм.

Поскольку расчет производится с некоторой частотой, то будем считать успешным завершением, если БПЛА долетает до конечной точки с отклонением не более чем полторы скорости, умноженной на время обновления или с отклонением не более 4 метров, что составляет средняя ошибка при использовании глобальных навигационных спутниковых систем.

В первом сценарии фиксировались параметры расстояния между базовыми изображениями вдоль пути, частотой обновления и скорости БПЛА; рассматривался только вклад смещения боковых изображений. Было произведено 6 моделирований для различных значений расстояний между базовыми изображениями, результаты которых представлены в таблице 1.

Разные БПЛА обладают разной производительностью, поэтому существует практический интерес в оценке зависимости качества работы алгоритма оценки координат от производительности. В качестве производительности выступает плотность покрытия базовыми изображениями и время обработки. В данном расчете было зафиксировано боковое смещение базовых изображений на 10 и 20 метров, так как именно с этими значениями алгоритм показал наибольший результат успешного завершения, что эквивалентно проценту

успешной локализации. Было проведено моделирование для двух скоростей. Для скорости 5 м/с результаты представлены в таблице 2, для скорости 7 м/с – в таблице 3.

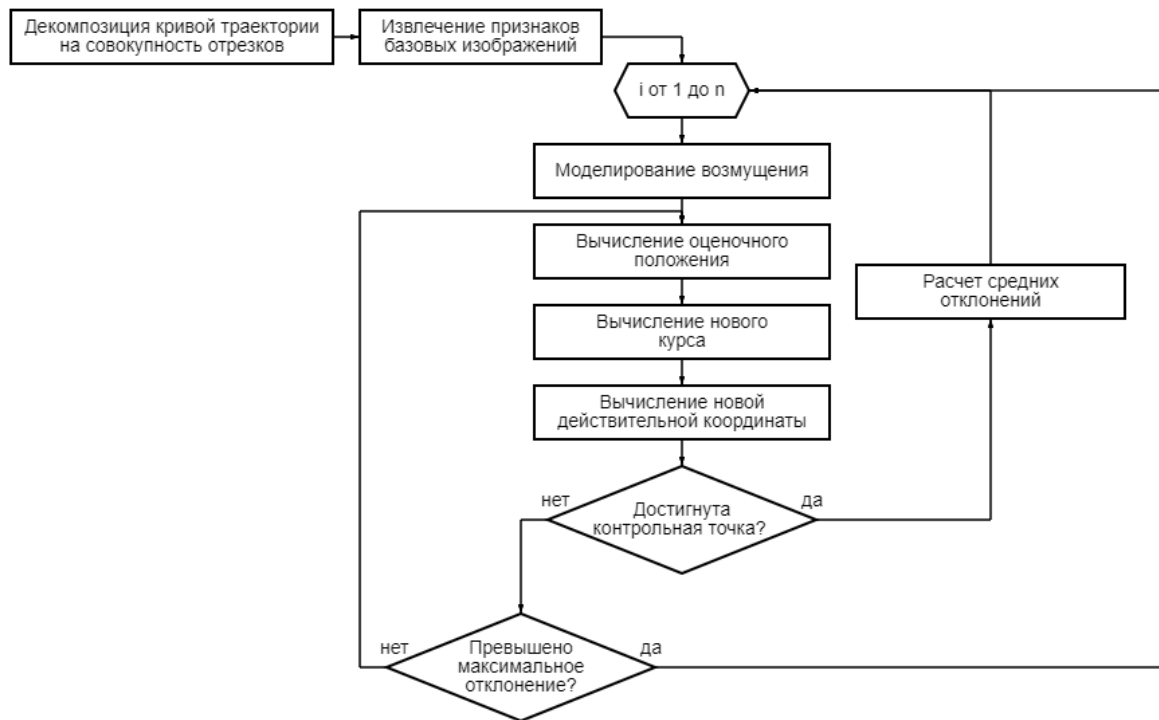


Рисунок. Имитационный алгоритм

Таблица 1. Моделирование для различных значений расстояний между базовыми изображениями

Смещение боковых изображений, м	Успешное завершение, %	Средняя ошибка, м	Средняя ошибка локализации, м	Память на 1 м, кВ	Память на 1 фотографию, кВ
5	0,64	5,9	4,57	1,5	2
10	0,67	5,41	3,86	1,5	
15	0,74	6,23	4,73	1,5	
5 и 10	0,68	4,97	3,46	2,5	
10 и 20	0,8	5,29	3,99	2,5	
15 и 30	0,78	6,21	4,83	2,5	

Таблица 2. Моделирование для скорости 5 м/с

Время расчёта, [с]	Расстояние между базовыми изображениями, [м]					
	0,5	1	2	4	6	8
0,2	3,50	3,76	4,01	4,48	5,19	5,87
0,5	4,51	4,65	4,94	5,50	5,93	6,38
1	6,67	6,86	7,04	7,37	8,03	8,45

Таблица 3. Моделирование для скорости 7 м/с

Время расчёта, [с]	Расстояние между базовыми изображениями, [м]					
	0,5	1	2	4	6	8
0,2	3,84	3,96	4,17	4,77	4,84	5,64
0,5	5,06	5,34	5,61	5,80	6,08	7,00
1	8,40	8,54	8,60	9,16	9,45	10,00

Можно отметить, что времена расчета до 0.5 секунд способны выдавать точность позиционирования сопоставимую с GPS, то есть с ошибкой до 5 метров.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В работе был рассмотрен подход к абсолютной локализации беспилотных летательных аппаратов с использованием компьютерного зрения и глубокого обучения.

Кроме того, был реализован имитационный алгоритм для оценки качества работы на траектории в результате чего можно сделать следующие выводы:

1. Для увеличения абсолютной точности локализации необходимо увеличить плотность покрытия базовыми изображениями, однако если существуют жесткие ограничения по памяти, то существует целесообразность в боковых изображениях с большим смещением, что приведет к уменьшению абсолютной точности, но повысит вероятность успешной локализации. Однако при слишком сильном увеличении упадет как точность локализации, так и ее вероятность.
2. В условиях, когда БПЛА не хватает производительности для обеспечения заданного уровня ошибки чаще более выгодно пожертвовать плотностью покрытия нежели чем скоростью вычисления.

В дальнейшей работе планируется изучить влияние наклона камеры на качество работы алгоритма оценки координат.

Список использованных источников

1. Ding L., Zhou J., Meng L., Long Z. A Practical Cross-View Image Matching Method between UAV and Satellite for UAV-Based Geo-Localization. *Remote Sens.* – 2021. – 47 p.
2. Bianchi M., Barfoot T.D. UAV Localization Using Autoencoded Satellite Images // *IEEE Robotics and Automation Letters.* – 2021. – Vol. 6. – №. 2. – P. 1761.

Выпускник

Михеева Екатерина Ивановна

химико-биологический кластер

e-mail: mikheeva_ekaterina@scamt-itmo.ru

Научный руководитель

Виноградов Александр Валентинович

д.х.н., доцент, директор Передовой инженерной школы

e-mail: avv@scamt-itmo.ru

УДК 577.29

BIOFRAMEWORK: РАЗРАБОТКА МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ, ЛАБОРАТОРИЙ-НА-ЧИПЕ, ДЛЯ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ДИАГНОСТИКИ

Работа выполнена в рамках темы НИР-ПРИКЛ №922000 «Платформа для разработки многофункциональных устройств на основе технологии digital fluidics».

Ключевые слова

Прототип, картриджи, апробация в нефтяной индустрии, коррозионно-активные микроорганизмы, мультиплексный ПЦР.

Цели и задачи

В данной прикладной научно-исследовательской выпускной квалификационной работе рассмотрены аспекты создания лабораторий-на-чипе в виде закрытых картриджей как платформы для автоматизированного мониторинга биозараженности. Целью работы являлась разработка многофункционального решения для молекулярной диагностики в непрофильных компаниях. Перечень задач работы включал, во-первых, разработку программы лабораторных испытаний на основе базовой технологии микрофлюидики и ее подтверждение на прототипе чипа, и во-вторых, прикладную разработку кастомного решения для индустриального биомониторинга. Апробация работы проведена в рамках создания комплексного решения для молекулярно-генетического мониторинга микробиологической коррозии на объектах добычи, транспортировки и хранения нефти. Работа охватывает как аспекты технической реализации решения, так и механизмы его коммерциализации в рамках сотрудничества с ПАО «Татнефть».

Основная часть (методология, результаты)

Тенденции в высокопроизводительной диагностике и создании многофункциональных платформ, объединяющих несколько лабораторных этапов определяют спектр текущих коммерческих решений, в частности, наблюдаемых в клинической практике. Данные решения

сочетают в себе признаки миниатюризации, закрытых стерильных условий и одноразового исполнения, технически выполняя комплекс лабораторных операций с нуклеиновыми кислотами по принципу действия так называемых лабораторий-на-чипе [1, 2]. Прикладные стороны создания подобных решений находят применение в различных областях, особенно в медицинской диагностике. Как следствие, в качестве базовой технологии разработки многофункциональной платформы была выбрана полимеразная цепная реакция с мультиплексным режимом для достижения высокой производительности тестирования. В рамках прикладной НИР была подтверждена концепция проведения анализа на одном чипе (картридже) согласно рисунку 1.

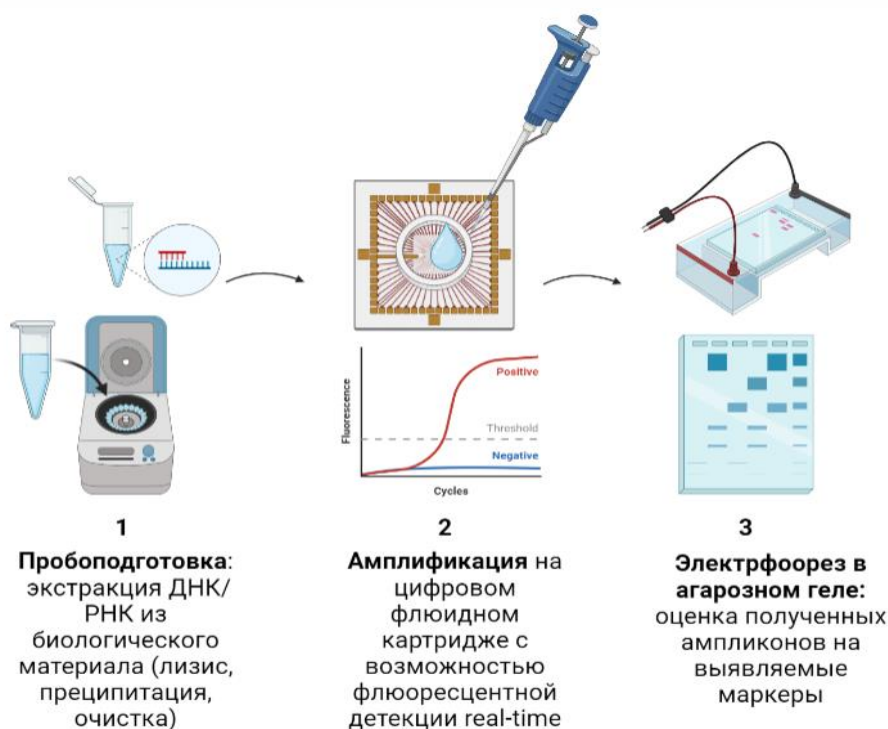


Рис. 1. Принципиальная схема реализации молекулярного тестирования на одном чипе в рамках многофункционального решения

В рамках последующей коммерциализации данного решения были проанализированы сложности внедрения и потенциальные конкурентоспособные преимущества на рынке. В результате, была разработана концептуальная модель интеграции платформы в качестве устройства с чипом (картриджем) для нефтяной промышленности, на котором проводится мониторинг биозараженности. Явление микробиологической коррозии известно нефтяной индустрии как одна из причин разрушения объектов добычи, транспортировки и хранения нефти. В данном случае мониторинг коррозионной нагрузки имеет ключевое значение в предотвращении развития коррозионно-активных микроорганизмов (КАМ) и обеспечении превентивных мер, направленных на своевременную обработку объектов бактерицидами. Однако ввиду комплексного характера распределения КАМ в нефтяных пластах и изменяющегося видового состава консорциумов в текущей практике мониторинг не является оптимальным. В данной работе предложено создание устройства с картриджем и программы лабораторных испытаний в концепции «лабораторий-на-чипе» для проведения мониторинга биокоррозии.

Решением для высокопроизводительного мониторинга является количественная ПЦР в режиме мультиплекс, позволяющая относительно быстро проводить полный цикл анализа с гибридизационно-флуоресцентной детекцией сразу нескольких мишеней [3]. Тестирование предполагает системный подход к разработке панели мониторинга КАМ, основывающемся на комплексе операций от пробоотбора образцов из объектов хранения, транспортировки и подготовки нефти, последующий ПЦР-анализ и интерпретацию результатов согласно рисунку 2.

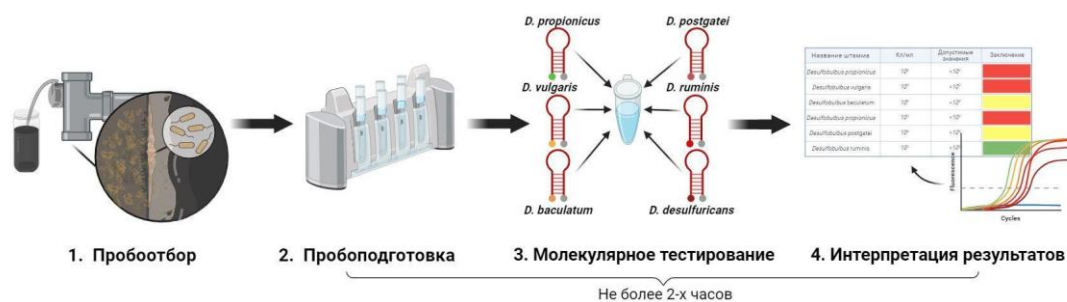


Рис. 2. Концептуальная модель комплексного подхода к разработке панели биомониторинга

Детекция проводится за счет Taqman-зондов на макетной установке, включающей модуль термоциклирования с элементами Пельтье и оптическим модулем с каналами детекции, позволяющими одновременно детектировать не менее шести зондов в высокочувствительном диапазоне [4]. При этом реализация процесса предполагает применение картриджных решений согласно рисунку 3.

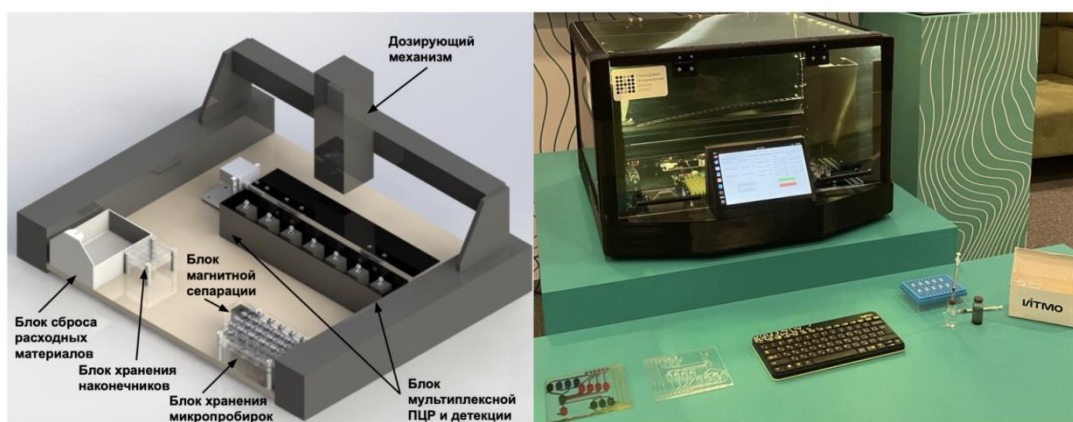


Рис. 3. Описание конструктивной части макетной установки (слева) и демонстрация лабораторных образцов (справа) для проведения высокопроизводительного мониторинга биокоррозии

В рамках данного исследования были выявлены доминирующие штаммы КАМ, характерные для скважин Ромашкинского месторождения, и проведен дизайн специфичных праймеров и зондов, обеспечивающих точное детектирование и идентификацию данных штаммов на чипе в режиме гексаплекс согласно таблице.

Таблица. Краткая характеристика панели биомониторинга микробиологической коррозии

Детектируемые штаммы	Обозначение праймеров	Обозначение зондов	Пары флуорофор-гаситель
<i>Desulfobulbus propionicus</i>	DSBL.pro_F DSBL.pro_R	DSBL.pro_Pr	FAM-BHQ1
<i>Desulfovibrio vulgaris</i>	DSVB.vul_F DSVB.vul_R	DSVB.vul_Pr	R6G-BHQ1
<i>Desulfomicrobium baculatum</i>	DSMC.bac_F DSMC.bac_R	DSMC.bac_Pr	TAMRA-BHQ1
<i>Desulfobacter postgatei</i>	DSBC.pos_F DSBC.pos_R	DSBC.pos_Pr	TexasRed-BHQ2
<i>Desulfotomaculum ruminis</i>	DSTM.rum_F DSTM.rum_R	DSTM.rum_Pr	Cy5-BHQ3
<i>Desulfovibrio desulfuricans</i>	DSVB.des_F DSVB.des_R	DSVB.des_Pr	Cy5.5-BHQ3

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В рамках междисциплинарной научно-исследовательской выпускной квалификационной работы были рассмотрены аспекты разработки и коммерциализации технологии высокопроизводительного молекулярно-генетического анализа на основе метода мультиплексной ПЦР. Апробация платформы Bioframework была проведена в сотрудничестве с ТатНИПИнефть ПАО «Татнефть». Была разработана панель для штаммоспецифичного обнаружения коррозионно-активных микроорганизмов с программой испытаний в картриджном формате с достижением уровня готовности технологии (TRL) 4. В дальнейшем в рамках данного прикладного решения предполагается разработка системы рекомендаций по таргетной превентивной обработке нефтяных объектов бактерицидными агентами на основе количественных данных, полученных в ходе молекулярно-генетического анализа. Кроме того, планируется кастомизация платформы лабораторий-на-чипе и для других направлений индустриального биомониторинга.

Список использованных источников

1. Peter H., Wienke J., Bier F. Lab-on-a-Chip Multiplex Assays // Multiplex Biomarker Techniques. Methods in Molecular Biology. – 2017. – V. 1546. – Pp. 283–294.
2. Khodakov D., Li J., Zhang J. et al. Highly multiplexed rapid DNA detection with single-nucleotide specificity via convective PCR in a portable device // Nature Biomedical Engineering. – 2021. – V. 5. – Pp. 702–712.
3. Xu D., Gu T., Lovley D.R. Microbially mediated metal corrosion // Nature Reviews Microbiology. – 2023. – V. 21. – №. 11. – Pp. 705–718.
4. Eckert R., Skovhus T. L. Advances in the application of molecular microbiological methods in the oil and gas industry and links to microbiologically influenced corrosion // International Biodeterioration and Biodegradation. – 2016. – V. 126. – Pp. 169–176.

Выпускник

Мясников Сергей Евгеньевич

институт "Высшая инженерно-техническая школа"

e-mail: ms.sergey.e@mail.ru

Научный руководитель

Ежова Ксения Викторовна

доцент, к.т.н., доцент института "Высшая инженерно-техническая школа"

e-mail: ezhovakv@itmo.ru

УДК 004.932.4

**РАЗРАБОТКА МЕТОДА КОРРЕКЦИИ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ
ИСКАЖЕНИЙ НА ВИДЕОИЗОБРАЖЕНИИ**

Ключевые слова

Радиальная дисторсия, геометрические искажения, коррекция дисторсии, компьютерное зрение, видеоизображение.

Цели и задачи

Оптические системы с большим полем зрения подвержены радиальной дисторсией, из-за чего нарушается прямолинейность объектов на видеоизображении [1]. В сфере эндоскопии, картографии и системах распознавания лиц критически важно, чтобы изображение соответствовало реальности. Например, точное исправление радиальной дисторсии имеет важное значение для многих задач оптического распознавания лиц, прежде всего потому, что дисторсия искажает прямые линии, а на детекции прямолинейных отрезков построены многие алгоритмы выделения и анализа объектов, поэтому исправление дисторсии способствует повышению точности идентификации личности, особенно в системах безопасности и биометрических системах доступа [2]. Поэтому цель работы – разработка метода коррекции геометрических искажений на видеоизображении в режиме реального времени для применения в системах компьютерного зрения. Для достижения данной цели необходимо проанализировать существующие модели радиальной дисторсии в плоскости изображения, исследовать процесс коррекции радиальной дисторсии на искаженном видеоизображении.

Основная часть (методология, результаты)

Для коррекции дисторсии на видеоизображении необходимо выполнить серию шагов, включающих калибровку камеры, измерение параметров дисторсии и последующее

применение этих параметров для коррекции каждого кадра видеопотока [3]. Этот процесс подразделяется на следующие этапы:

1. Выбор метода коррекции дисторсии.

В процессе разработки системы коррекции дисторсии для видеопотока был проведён анализ различных методик калибровки камеры. Было решено использовать метод калибровки, основанный на серии изображений шахматной доски или сетки из точек, вместо методов автокалибровки. Такое решение было принято после серии тестов, которые показали, что методы автокалибровки, хотя и предоставляют возможность калибровки без специальных калибровочных узоров, требуют значительно большего количества вычислений. Это, в свою очередь, приводит к снижению производительности системы, особенно заметное в условиях обработки видеопотока в реальном времени.

2. Обнаружение характеристических точек.

Процесс обнаружения точек, особенно в контексте калибровки камеры с использованием шахматной доски, включает автоматизированный алгоритмический подход, который идентифицирует и локализует угловые точки (или ключевые точки) на изображении.

В первую очередь происходит преобразование изображения: изображение сначала преобразуется в градации серого, что упрощает последующую обработку, поскольку уменьшает объём данных, обрабатываемых алгоритмами поиска углов. Применение методов улучшения изображения: часто применяются различные методы предварительной обработки изображений, такие как фильтрация для сглаживания шума и улучшение контраста, чтобы увеличить точность и надёжность обнаружения углов.

Обнаружение углов: сам процесс обнаружения углов обычно осуществляется с использованием алгоритма, который ищет регионы изображения, где происходит пересечение двух черных и двух белых областей, формирующих угол шахматной доски. Этот этап может быть выполнен с помощью алгоритма обнаружения углов Харриса или через более специализированные функции, такие как `findChessboardCorners` в `OpenCV`.

Функция пытается определить, является ли входное изображение видом шахматной доски, и определить местоположение внутренних углов шахматной доски. Функция возвращает ненулевое значение, если найдены все углы и они расположены в определенном порядке (строка за строкой, слева направо в каждой строке). В противном случае, если функции не удастся найти все углы или изменить их порядок, она возвращает 0. Например, обычная шахматная доска имеет квадраты размером 8 x 8 и внутренние углы размером 7 x 7, то есть точки, где черные квадраты соприкасаются друг с другом.

3. Коррекция.

Зная координаты точек внутренних углов, можно получить коэффициенты радиальной дисторсии и по формулам смещения точек получить исправленное изображение (рис. 1 и 2).

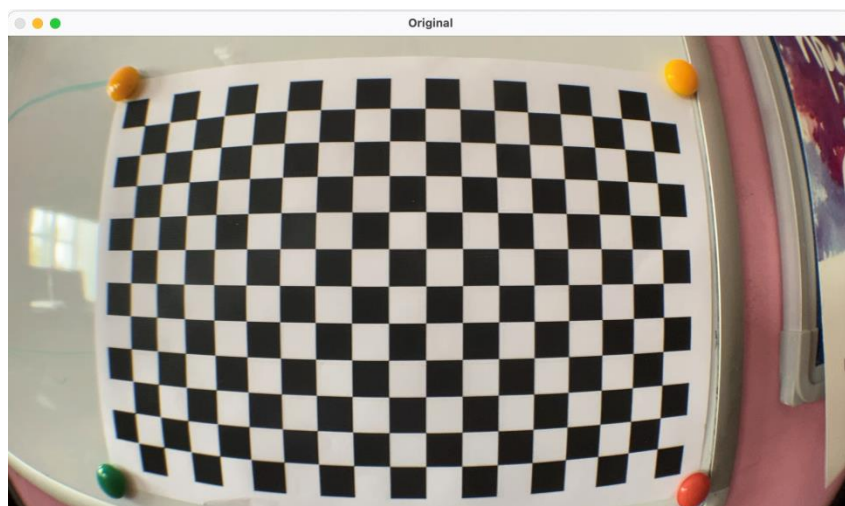


Рис. 1. Исходное изображение

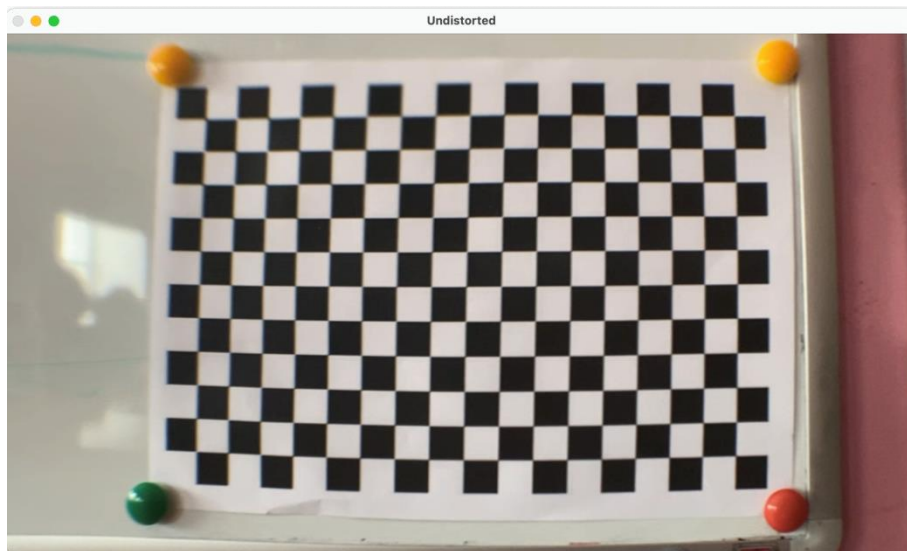


Рис. 2. Скорректированное изображение

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В результате работы был реализован метод коррекции радиальной дисторсии, где в качестве входных данных необходимы лишь изображения с камеры устройства пользователя, а выходными параметрами являются графики aberrаций для количественного анализа и скомпенсированное видео изображение.

Что касается технических параметров, было получено видеоизображение с разрешением 1920×1080 пикселей с количеством FPS больше 25. Среднее значение частоты составляет 30 кадров/с.

В дальнейшей работе планируется добавить отдельную обработку для краевых точек изображения; реализовать буферизацию для более плавного изображения; добавить аппаратное ускорение для более высокой частоты изображения.

Список использованных источников

1. Гапоненко С.И. Разработка блока расчета радиальной дисторсии для коррекции // Выпускная квалификационная работа // Университет ИТМО.
2. Модели и алгоритмы калибровки радиальной дисторсии камеры по особенностям Хаф-спектра изображений при неконтролируемой съемке : автореферат дис. ... кандидата технических наук : 05.13.17 / Кунина Ирина Андреевна; [Место защиты: Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)]. - Москва, 2020. – 23 с.
3. OpenCV | Open Source Computer Vision Library. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://opencv.org> (дата обращения: 01.04.2024).

Выпускник

Най Богдан Евгеньевич

факультет технологического менеджмента и инноваций

e-mail: nai_bogdan@itmo.ru

Научный руководитель

Сергеева Ирина Григорьевна

д.э.н., профессор, доцент факультета технологического менеджмента и инноваций

e-mail: igsergeeva@itmo.ru

УДК 336.61

**ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ФИНАНСИРОВАНИЯ
ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ
ОРГАНИЗАЦИЙ**

Ключевые слова

Инновационный проект, образовательная организация, процесс финансирования, методы финансирования, алгоритм финансирования.

Цели и задачи

Сегодня у образовательных организаций, с одной стороны, появляется возможность осуществлять предпринимательский подход в области реализации инноваций. А с другой стороны, появляется необходимость выживания в среде растущей конкуренции на рынке инновационных разработок. Развитие современной образовательной организации тесно связано с успехом ее инновационной деятельности. Цель настоящей работы заключается в совершенствовании процесса финансирования инновационных проектов образовательных организаций. В задачи работы входит разработка алгоритма организации финансирования инновационных проектов, совершенствование показателей эффективности инновационных проектов, а также разработка рекомендаций по совершенствованию процесса финансирования инновационных проектов образовательных организаций.

Основная часть (методология, результаты)

Инновационные проекты являются наиболее распространенной формой реализации инноваций. В образовательной организации могут появляться три типа инновационных проектов: в области образования, выраженный новизной в образовательной деятельности; на основе внутренних разработок, то есть исходящий изнутри академической среды в виде стартапов; а также на основе внешнего заказа, где результат инновационной деятельности передается заказчику.

Процесс коммерциализации инноваций для трех типов инновационных проектов проходит по-разному, что указывает на различие в обеспечении процесса их финансирования.

Тем не менее, такие характеристики инновационного проекта, как продолжительность стадий жизненного цикла, интересы участников инновационного процесса, в том числе в отношении прав на объекты интеллектуальной собственности, достигаемые эффекты, а также уровень влияния факторов внешней среды должны лежать в основе организации финансирования инновационных проектов образовательных организаций [1].

Кроме того, инновационные проекты образовательных организаций отличаются по уровню рисков, ввиду различных потребностей и доходов, которые они генерируют. Это отражается на возможности привлечения тех или иных источников финансирования и требует проведения сравнительного анализа инновационных проектов на основании оценки влияния рисков на денежные потоки [2].

Существует несколько методов финансирования инновационных проектов образовательных организаций. Эти методы обладают особыми характеристиками, которые определяют их применимость к конкретному типу инновационных проектов. Методы финансирования инновационных проектов представлены на рисунке 1 [3].

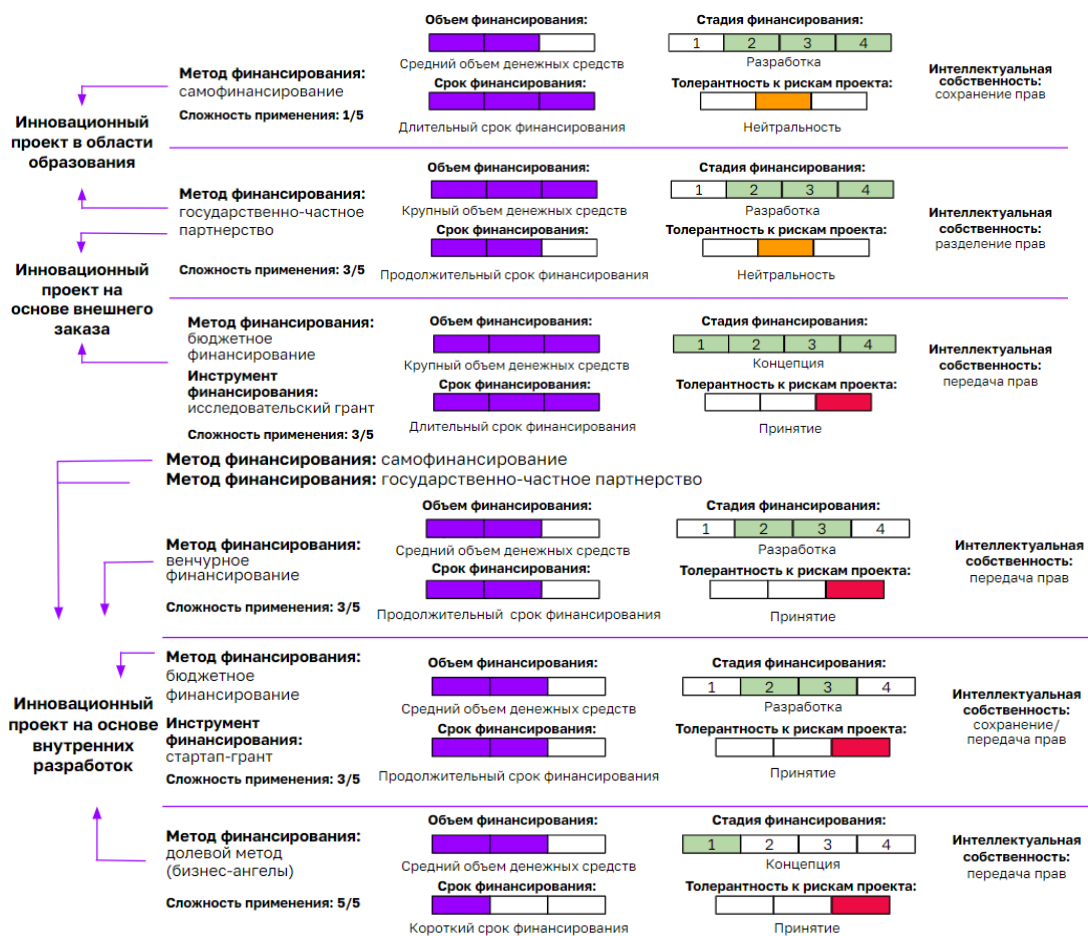


Рис. 1. Методы финансирования инновационных проектов образовательных организаций

Представленные данные легли в основу разработки алгоритма организации процесса финансирования инновационных проектов образовательных организаций, состоящего из трех этапов. На первом этапе – обоснования реализуемости необходимо доказать, что инновационный проект отвечает интересам всех участников инновационного процесса, может быть реализован ресурсами образовательной организации и не подвержен критическому влиянию факторов внешней среды. Инновационный проект должен достигать те показатели эффективности, которые отвечают целям его создания.

На втором этапе алгоритма необходимо обосновать возможность привлечения того или иного источника финансирования. Здесь результат инновационного проекта соотносится с направлениями финансирования инноваций как в образовательной организации, так и в

конкретном регионе. Далее обоснуется возможность применения доступных методов финансирования на основании соответствия характеристик рассматриваемых методов планам реализации инновационного проекта.

Третий и завершающий этап алгоритма подразумевает сравнительный анализ инновационных проектов на основе оценки их экономической эффективности. Для наиболее эффективных проектов определяется схема финансирования с бюджетом и планом распределения доходов. Разработанный алгоритм организации финансирования инновационных проектов образовательных организаций представлен на рисунке 2.

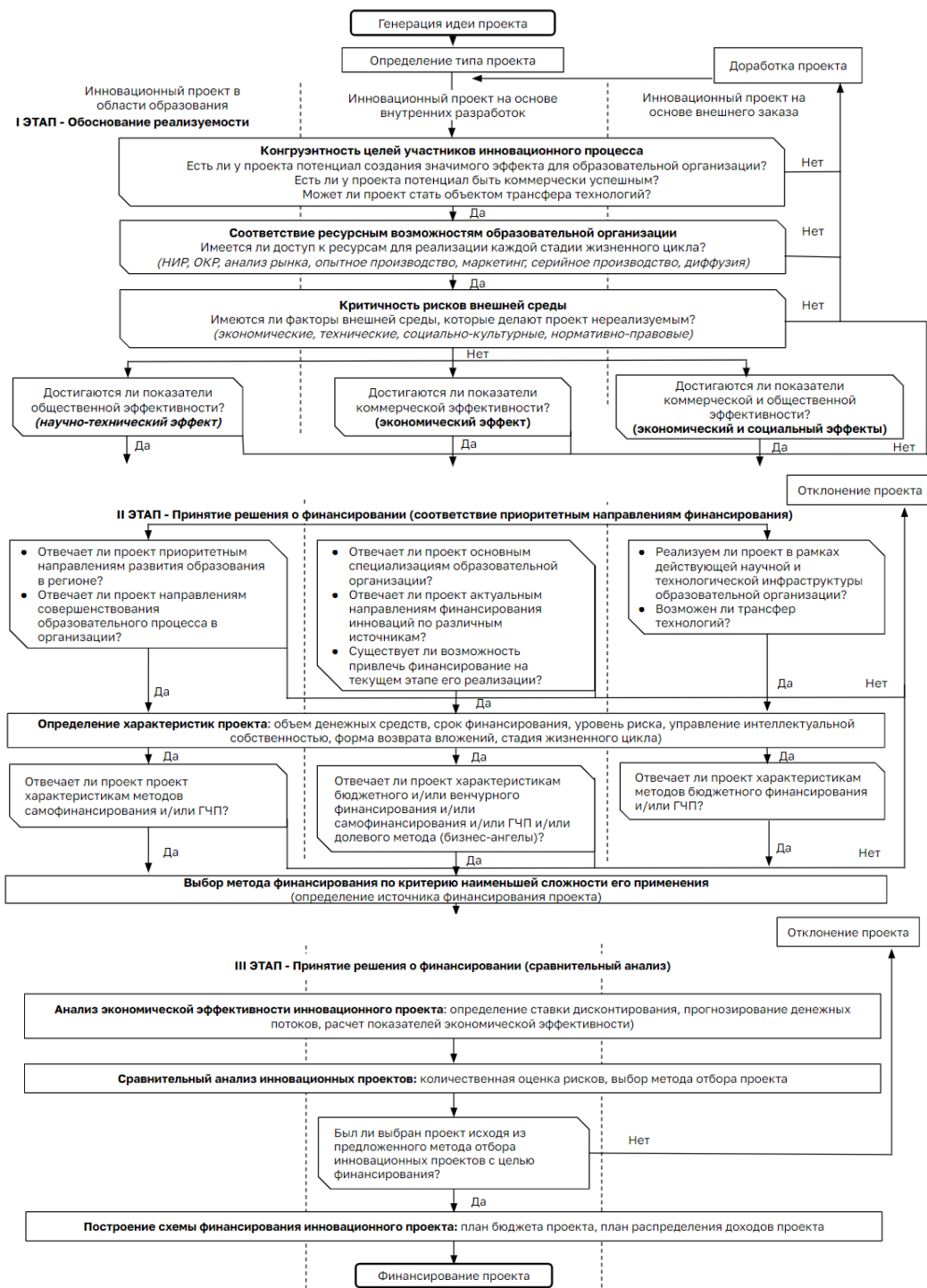


Рис. 2. Алгоритм организации процесса финансирования инновационных проектов образовательных организаций

Сравнительный анализ показателей экономической эффективности инновационных проектов может быть усовершенствован путем модернизации ставки дисконтирования,

которая лежит в основе расчета этих показателей. В формуле (1) к традиционной безрисковой ставке, а также премии за риск непринятия инновации рынком добавляется премия за риски реализации инновации в образовательной организации.

$$R = r_0 + r_p + r_{обр}, \quad (1)$$

R – модернизированная ставка дисконтирования;

r_0 – безрисковая ставка;

r_p – премия за риск непринятия инновации рынком;

$r_{обр}$ – премия за риск реализации инновации в образовательной организации.

С целью совершенствования процесса финансирования инновационных проектов рекомендуется расширить возможности применения методов финансирования. Бюджетное и венчурное финансирование может быть использовано при диффузии инноваций в образовании. Это позволит привлечь дополнительные источники доходов, а также внимание со стороны поступающих. Методы краудфандинга или ICO могут быть использованы при финансировании проектов на основе внутренних разработок. Это позволит продемонстрировать развитость предпринимательской культуры, и как следствие, привлечь более компетентных научных сотрудников в образовательную организацию. Частные и бюджетные средства могут применяться при финансировании форсайт-исследований или патентного анализа для повышения качества реализации инновационных проектов на основе внешнего заказа. Это позволит привлечь дополнительные государственные субсидии и средства индустриальных партнеров образовательной организации.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В работе были исследованы особенности реализации и финансирования инновационных проектов образовательных организаций, а также методы и инструменты финансирования инновационных проектов. Это позволило сформировать алгоритм организации финансирования инновационных проектов образовательных организаций, а также усовершенствовать расчет показателей эффективности инновационных проектов путем модернизации ставки дисконтирования. Кроме того, были предложены рекомендации по совершенствованию процесса финансирования инновационных проектов образовательных организаций.

В дальнейшей работе планируется исследовать эффективные способы управления собственным и привлеченным капиталом в рамках финансирования инновационных проектов образовательных организаций.

Список использованных источников

1. Спиридонова Е.А. Основы инновационной деятельности: учебник и практикум для среднего профессионального образования / Е. А. Спиридонова. — 2-е изд., перераб. и доп. — М: Издательство Юрайт, 2024. — 314 с.
2. Макеева О.С., Штефан М.А. Источники финансирования деятельности некоммерческих организаций: понятие, классификация, особенности формирования и использования // Бухгалтерский учет в бюджетных и некоммерческих организациях. — 2014. — №. 22. — С. 9–14.
3. Най Б.Е. Сергеева И.Г. Анализ методов привлечения инвестиций в инновационные проекты // Альманах молодых ученых. — 2024. — С. 415–420.

Выпускник

Никанорова Марина Валерьевна

институт прикладных компьютерных наук

e-mail: nikanorovamarine@yandex.ru

Научный руководитель

Пац Карина Михайловна

программист института прикладных компьютерных наук

e-mail: karina.m.pats@gmail.com

Научный консультант

Чеблов Александр Александрович

АО «БИОКАД», специалист по структурной биоинформатике

e-mail: cheblov@biocad.ru

УДК 577.322.2

УЛУЧШЕНИЕ РАСЧЕТОВ СВОБОДНОЙ ЭНЕРГИИ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА ОБМЕНА ГАМИЛЬТОНОВЫМИ РЕПЛИКАМИ

Ключевые слова

Молекулярная динамика, свободная энергия, обмен гамильтоновыми репликами, структурная биология, аффинность, антитела, *in silico*, мутация.

Цели и задачи

Препараты на основе моноклональных антител широко используются в современной медицине для терапии различных тяжёлых заболеваний: злокачественных образований, аутоиммунных и воспалительных реакций, орфанных заболеваний – а так же в диагностических целях. Разработка нового антительного препарата часто сопровождается поддержкой с помощью компьютерного моделирования, которое облегчает поиск модификаций, способных улучшить различные свойства разрабатываемого антитела. Важнейшим свойством антитела, благодаря которому антительные молекулы активно используются в фармацевтике, – это его способность высокоспецифично связываться с выбранной исследователями целевой молекулой, называемой антигеном. Данная работа направлена на улучшение метода по предсказанию изменения аффинности (силы связывания антитела и его антигена) после внесения одиночных мутаций в антитело. Целью данной работы является внедрение в стандартный алгоритм предсказания аффинности метода обмена гамильтоновыми репликами с целью улучшения качества предсказания метода и последующая валидация нового метода на наборе экспериментальных данных.

Основная часть (методология, результаты)

Одной из важнейших характеристик антитела является его аффинность к антигену, целевой молекуле, против которой разрабатывается лекарство. Во время разработки нового лекарства на основе антитела часто может использоваться компьютерное моделирование с целью определения изменения аффинности после внесения одиночных замен. Мутации увеличивающие аффинность могут быть в дальнейшем внесены в препарат, таким образом увеличивая качество финального лекарства [1].

Наиболее точные методы предсказания аффинности основаны на теории статистической физики. С точки зрения данных методов предсказание изменения аффинности сводится к предсказанию разности свободной энергии Гиббса (далее в тексте: свободная энергия) комплексообразования до внесения в белок мутации и после этого. Аффинность и изменение свободной энергии связаны следующей формулой:

$$\Delta G = -RT \ln K_A, \quad (1)$$

где R – универсальная газовая постоянная, T – температура, K_A – аффинность, ΔG – изменение свободной энергии Гиббса (свободная энергия комплексообразования). Соответственно, изменение аффинности (выражающееся отношением аффинностей) будет выражаться через разность изменений свободной энергии:

$$\Delta \Delta G = \Delta G_2 - \Delta G_1 = -RT \ln \frac{K_{A2}}{K_{A1}}. \quad (2)$$

С точки зрения фармацевтической разработки самым важным является сам факт того, будет увеличиваться аффинность после внесения замены или нет. Данный факт полностью характеризуется знаком разности изменения свободной энергии, как можно увидеть из формулы (2). В данной работе рассматривалась способность алгоритмов верно предсказать знак разности изменения свободной энергии, а не её абсолютное значение.

На текущий момент подходы по предсказанию разности изменения свободной энергии можно разделить на 2 типа: расчёты, основанные на равновесной статистической физике, и расчёты, использующие неравновесную статистическую физику. Наиболее широко используемым методом из первой категории является метод, основанный на теории возмущений (МТВ), а из второй – метод, по усреднению работы (МУР). Оба данных метода используют физические формулы для обработки данных, получаемых из молекулярной динамики [2].

Молекулярная динамика (МД) – метод моделирования временной эволюции системы частиц и атомов, основанный на классической механике и статистической физике. Данный метод позволяет получать полноатомные траектории, показывающие изменения, происходящие в белке, с течением времени. Для работы метода необходимо предоставить ему начальную точку для моделирования – структуру молекулы, эволюция которой будет рассматриваться. Качество предсказания изменения свободной энергии напрямую связаны с качеством данных, которые считываются с траектории молекулярной динамики. Соответственно, если молекулярная динамика не показывает важные смены конформаций белка, то с неё собираются некорректные данные, на основании которых получается неверный результат предсказания изменения свободной энергии.

К сожалению, метод молекулярной динамики имеет свои ограничения. А именно, он чрезвычайно затратен с точки зрения компьютерных и временных ресурсов. Текущие компьютерные мощности позволяют за адекватное количество времени получать молекулярно динамические траектории длиной в несколько сотен наносекунд, иногда при наличии возможности проведения длительных расчетов – нескольких микросекунд, но не более. Однако характерное время смены конформации белка может достигать микро или мили

секундного масштаба. Соответственно, за время динамики белок не успевает принять все важные конформации и расчёт изменения свободной энергии производится по недостаточным данным. Наличие длительного времени, необходимого для перехода в новую конформацию, обуславливается тем, что каждая новая конформация находится в некоем локальном минимуме по энергии, а между данными локальными минимумами присутствует энергетический барьер, который необходимо преодолеть для перехода в новую конформацию, что является длительным процессом для молекулярной динамики.

Проблему с застреванием системы в локальных минимумах помогает решить метод для формирования улучшенной статистической выборки под названием метод обмена репликами (MOR). В общих чертах MOR модифицирует молекулярную динамику следующим образом: помимо основной молекулярно динамической симуляции, создаётся ещё одна симуляция, бегущая параллельно с основной динамикой. Данная симуляция отличается от основной тем, что в ней снижены энергетические барьеры между различными конформациями белка, она называется модифицированной репликой системы. Далее данным симуляциям предоставляется возможность обмена конформациями между собой согласно правилу Метрополиса, позволяющему сохранять обе симуляции в равновесном состоянии. Таким образом, новые конформации, найденные модифицированной репликой системы, могут быть представлены в основной симуляции, что позволяет описать эволюцию системы корректно и полно [3]. Описанная логика проиллюстрирована на Рисунке [4]. Стандартная молекулярная динамика позволяет исследовать конформации молекулы возле её стартовой конформации, однако не исследует значительный и важный участок её фазового пространства из-за невозможности преодолеть энергетический барьер для перехода в новый локальный минимум.

Для модифицированной системы все энергетические барьеры оказываются сглажены, что позволяет ей легче исследовать пространство конформаций молекулы. Далее стрелками показано, что реплики могут обмениваться конформациями и таким образом в основной симуляции появляются конформации молекулы из ранее недоступных для неё локальных минимумов.

Снижения энергетических барьеров можно добиться с помощью повышения температуры системы, такое применение MOR называется обменом температурными репликами (MOTR). Однако также можно понизить не все энергетические барьеры, а только часть из них, наиболее интересную исследователям. Этого можно добиться изменяя физический потенциал, описывающий взаимодействия между атомами системы. Такой подход носит название метода обмена гамильтоновыми репликами (MOGR).

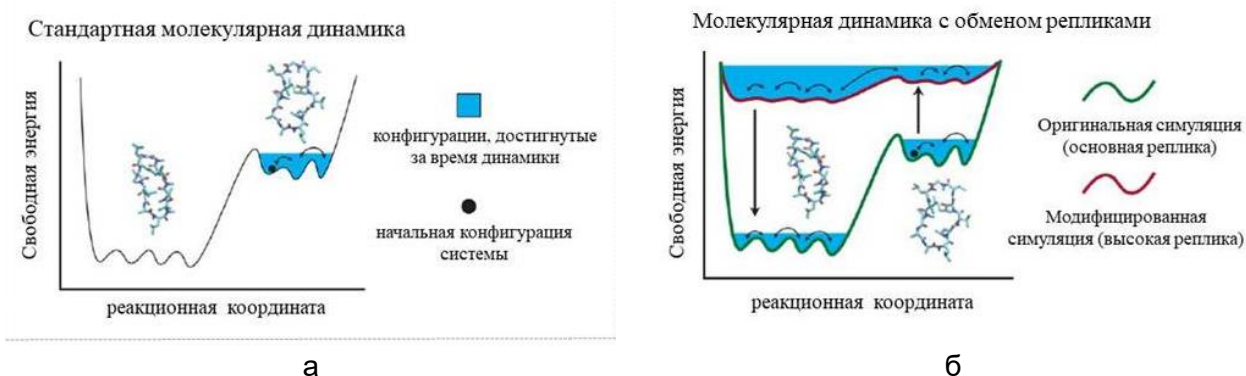


Рисунок. а) схематично представлен профиль свободной энергии молекулы в зависимости от её реакционной координаты; б) схематично представлен аналогичный профиль свободной энергии системы вместе с профилем модифицированной системы

В данной работе метод обмена гамильтоновыми репликами был внедрен в алгоритм по подсчету разности изменения свободной энергии с помощью методов МУР и МТВ. Метод был провалидирован на наборе из 13 мутаций для 6 комплексов антитело-антиген. Экспериментальные данные об изменении аффинности были взяты из открытой базы данных

SKEMPI2, структуры экспериментальных комплексов были получены из открытой базы данных RCSB. В качестве валидации было произведено по шесть повторностей расчётов методом МУР и по три повторности для методов МУР и МТВ, модифицированных методом обмена гамильтоновыми репликами. Помимо стандартного метода МУР, было принято решение исследовать, может ли объединение нескольких повторностей расчётов улучшить предсказательную мощь метода также, как внедрение в него МОГР.

Все предсказания были поделены на три группы: расчёты верно предсказавшие знак разности изменения свободной энергии (верные предсказания), расчёты ошибочно предсказавшие знак (неверные предсказания) и расчёты давшие слишком маленькое значение $\Delta\Delta G$ ($|\Delta\Delta G| < 0.1$) для того, чтобы можно было с уверенностью говорить о его знаке (неопределённые предсказания). Результаты валидации представлены в таблице ниже. Появление неопределённых результатов на практике всегда можно отследить, поэтому мы рассмотрели то, какого качества предсказаний можно добиться, исключая их из рассмотрения. Наибольшей точности с наименьшим числом исключённых неопределённых расчётов удалось добиться с помощью комбинации методов МТВ+МОГР. Точность достигла 91%. Для метода МУР приведены частоты получения верных, неверных и неопределённых результатов как для единичных симуляций, так и объединённых 6 расчётов. В таблице представлены результаты валидации методов МУР, МУР+МОГР и МТВ+МОГР. Для методов МУР+МОГР и МТВ+МОГР приведены данные о частотах только для единичных расчётах, так как на практике объединение нескольких расчётов было бы нецелесообразным.

Таблица. **Результаты валидации методов МУР, МУР+МОГР и МТВ+МОГР**

	МУР		МУР + МОГР		МТВ + МОГР			
	одионый расчёт	6 расчётов	одионый расчёт	одионый расчёт	одионый расчёт	одионый расчёт	одионый расчёт	одионый расчёт
	неопределённые результаты							
	вкл.	искл.	вкл.	искл.	вкл.	искл.	вкл.	искл.
верно	69%	72%	54%	87,5%	69%	87%	74%	91%
неверно	27%	28%	8%	12,5%	10%	13%	8%	9%
неопределённо	4%	-	38%	-	21%	-	18%	-
время расчётов	~ 5 ч		~ 24 ч		~ 28 ч		~ 20 ч	

Так как все рассмотренные методы являются крайне время и ресурсо затратными, мы сделали попытку ускорить метод, показавший наилучшую точность. Мы провели анализ влияния длины молекулярнодинамической симуляции на точность метода. Мы смогли показать, что уменьшение длины траектории в два раза не влияет на точность расчётов. Таким образом, нам удалось сократить время, требуемое программе для расчета методом МТВ+МОГР, в два раза, до 10 ч.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В данной работе представлена модификация стандартного алгоритма по расчёту изменения аффинности между антителом и антигеном после внесения одиночных замен с помощью метода обмена гамильтоновыми репликами (МОГР). Модифицированный алгоритм был провалидирован на наборе из 13 мутаций и показал улучшение предсказательной силы метода. Наилучший результат был получен с помощью метода МТВ+МОГР, который показал высокую точность в 91% при 18% выбросов. Модифицированный алгоритм также был успешно ускорен с помощью уменьшения длины траектории молекулярной динамики. Данный метод может применяться при разработке лекарств, а также в исследовательских целях.

Список использованных источников

1. Kuroda D., Shirai H., Jacobson M.P., Nakamura H. Computer-aided antibody design // *Protein Eng Des Sel.* – 2012. – №. 25(10). – Pp. 507–521.
2. Pohorille A., Jarzynski C., Chipot C. Good Practices in Free-Energy Calculations // *The Journal of Physical Chemistry.* – 2010. – №. 114 (32). – Pp. 10235–10253
3. Bussi G. Hamiltonian replica exchange in GROMACS: a flexible implementation // *Molecular Physics.* – 2013. – №. 112(3–4). – Pp. 379–384.
4. Corbett K.M., Pouton C.W., Chalmers D.K. Temperature Replica Exchange Molecular Dynamics Simulations of Cyclic Peptide Conformation // *Australian Journal of Chemistry.* – 2021. – №. 74(9). DOI: 10.1071/CH21120.

Выпускник

Озерова Ксения Вадимовна

институт «Высшая инженерно-техническая школа»

e-mail:kseniya071000@yandex.ru

Научный руководитель

Романова Галина Эдуардовна

доцент, к.т.н., доцент института «Высшая инженерно-техническая школа»

e-mail:geromanova@itmo.ru

УДК535.317

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ОБЪЕКТИВА ДЛЯ ОПТИЧЕСКОЙ ГОЛОВКИ ЛАЗЕРНОГО ПРИНТЕРА

Ключевые слова

F-theta объектив, лазерный принтер, лазерный диод, расчет оптических систем, дифракционное качество изображения.

Цели и задачи

Целью выпускной квалификационной работы являются исследование и разработка f-theta объектива на основе полимерных линз с асферическими поверхностями. В работе анализируются существующие схемы лазерных сканирующих головок и их особенности, выполнен выбор принципиальной схемы; выполнен подбор и анализ компонентов, габаритный расчет системы и построена модель системы в программе Zemax с использованием параксиальных компонентов. Кроме того, разработана оптическая схема объектива с использованием линз из стекла со сферическим профилем образующей поверхности; рассмотрены возможности применения полимеров и разработана оптическая схема объектива с использованием линз из полимерных материалов с асферическим профилем образующей поверхности. В работе также проанализирована работа объектива при различных температурах. На модели оптической головки лазерного принтера с учетом особенностей зеркального полигонального сканера, выбранного лазерного диода и разработанной схемы объектива продемонстрирована возможность обеспечения требуемого разрешения при печати.

Основная часть (методология, результаты)

На данный момент на отечественном рынке отсутствуют лазерные принтеры российского производства. Иностранные лазерные принтеры работают с использованием

зарубежного программного обеспечения, что делает их зависимыми от обновлений драйверов, а замена компонентов требует закупок иностранных компонентов и комплектующих.

Поэтому создание полностью отечественной оптической головки для лазерного принтера, который позволит использовать российское программное обеспечение, а также отечественные компоненты, является актуальной задачей. На данном этапе работы выполняется исследование возможных схем объектива, построенного на основе линз из оптического стекла со сферическими поверхностями.

Схема работы лазерного принтера в упрощенном виде показана на рисунке 1. В качестве источника излучения, как правило, используется лазерный диод, после которого устанавливается специальная оптическая система, обеспечивающая формирование практически параллельного осесимметричного пучка лучей. Далее излучение отражается от полигонального зеркального сканера, обеспечивающего развертку луча вдоль линии сканирования. Объектив должен обеспечить линейный закон смещения точки фокусировки в зависимости от угла падения лучей и необходимую ширину зоны сканирования для данных углов развертки [1].

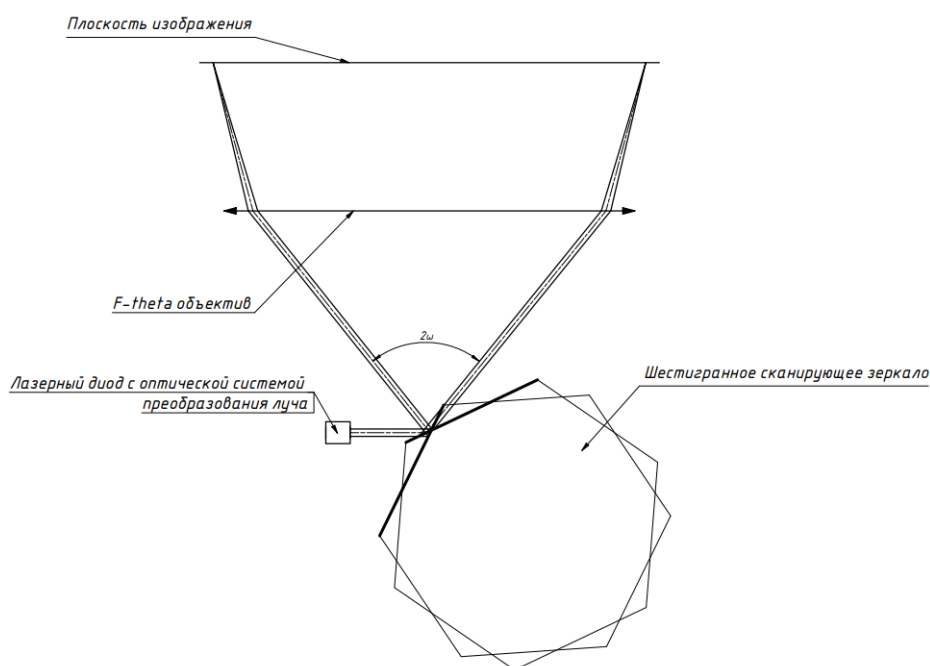


Рис. 1. Принцип работы оптической головки лазерного принтера

Объективы, обеспечивающего линейную зависимость координаты на плоскости изображения, так называемые f-theta объективы, можно найти в составе сканеров для различных областей применений, а также как готовые компоненты у крупных зарубежных поставщиков, в которых используются осесимметричные линзы из оптического стекла, а развертка луча предполагается двумерной. Также можно найти разработки систем, обеспечивающих высокое разрешение, работающих с полигональным сканером, обеспечивающим развёртку в одном направлении. Зачастую в таких системах для упрощения конструкции и сокращения габаритов схемы используется оптика свободной формы, изготовленная из полимерных материалов. Однако на этапе предварительной проработки схемы и отладки технологий необходимо рассмотреть обеспечиваемые характеристики и возможности абберационной коррекции для системы из оптического стекла.

Важным этапом разработки оптической головки является габаритный расчет, целью которого является поиск сочетаний параметров системы в первом приближении, обеспечивающих высокое разрешение и относительно компактные размеры. Также на данном этапе можно выбрать такое сочетание параметров, которое обеспечит упрощение схемы, так

как сложность дальнейшего расчета объектива определяется, в том числе, угловым полем, то есть максимальными углами сканирования.

Разрешение системы было выбрано равным 600 точек на дюйм [2]. Размер изображения принимается равным 210 мм, что соответствует ширине листа А4. Размер точки (элемента изображения) может быть вычислен с использованием формулы

$$\delta = \frac{2,44\lambda f'}{D}, \quad (1)$$

где λ – длина волны лазерного излучения, мкм, D – диаметр лазерного пучка, мм, f' – фокусное расстояние, мм.

Как видно из выражения (1), размер элемента изображения зависит от таких параметров системы, как длина волны лазерного излучения и диаметр лазерного пучка. Таким образом, для уменьшения размера пикселя необходимо выбрать малую длину волны, а также увеличить размер пучка от источника излучения посредством использования системы, преобразующей излучение лазерного диода. В качестве источника излучения был выбран лазерный диод с длиной волны 405 нм.

Как правило, в этом случае необходимо использовать систему с цилиндрической линзой, обеспечивающей выравнивание диаметра пучка от лазерного диода в двух направлениях и минимизацию расходимости.

В ходе выполнения работы были получены три системы f-theta объектива:

1. Двухкомпонентная система на основе линз из оптического стекла со сферическим профилем образующей поверхности (рис. 2).

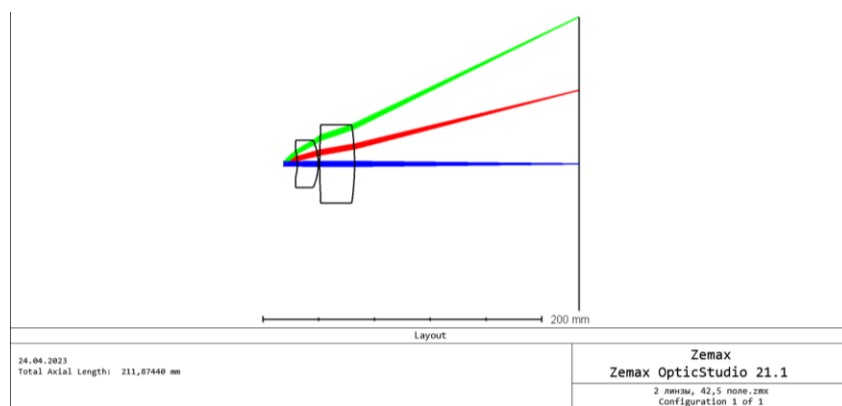


Рис. 2. Оптическая схема f-theta объектива из двух линз

Система получается дифракционно-ограниченной, размер изображения соответствует требованиям, объектив имеет дисторсию f-tan, однако дисторсия f-theta невелика [4].

В данной системе не обеспечен достаточный вынос входного зрачка, необходимо усложнение системы и переход к асферическому профилю образующей поверхности.

2. Двухкомпонентная система на основе линз из полимерных материалов с асферическим профилем образующей поверхности (рис. 3).

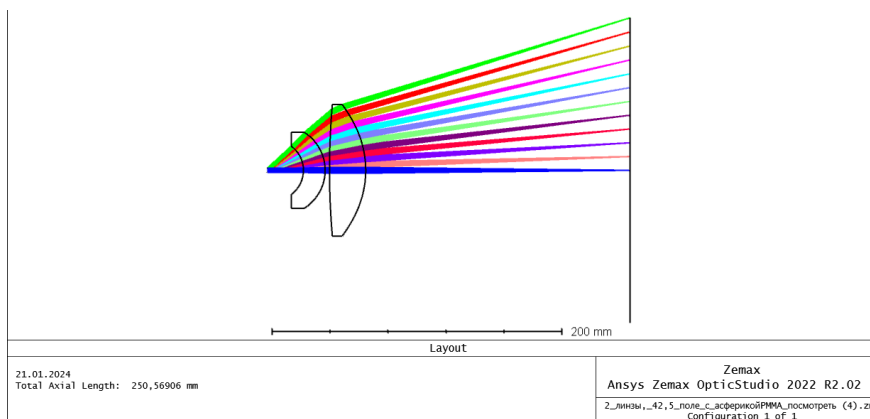


Рис. 3. F-theta объектив на основе полимерных асферических линз

Система имеет дифракционное качество системы, малую f -theta дисторсию, а также в ней обеспечен вынос входного зрачка на 25 мм, позволяющий организовать совместную работу объектива и полигонального сканера. Однако разрешение данной системы падает в два раза при нагревании до 50°C. Наряду с вышесказанным система состоит из двух компонентов, что увеличивает ее габариты, необходимо рассмотреть вариант создания однокомпонентной системы на основе полимерной линзы с асферическим профилем образующей поверхности.

3. Однокомпонентная система на основе линзы из акрила с асферическим профилем образующей поверхности (рис. 4).

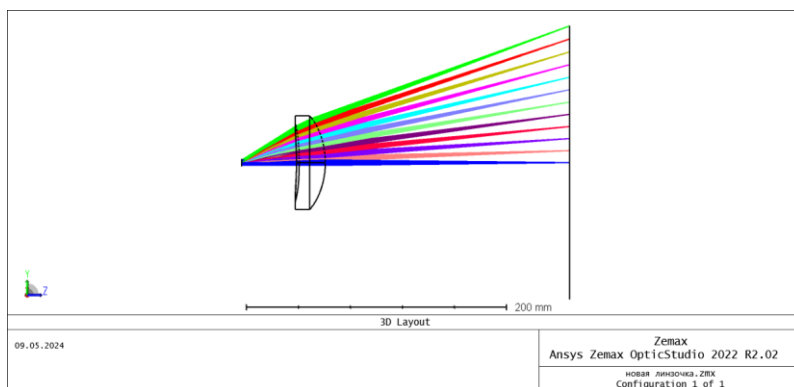


Рис. 4. Ход лучей в f -theta объективе на основе одиночной полимерной асферической линзы

В ходе при переходе к сложным асферическим поверхностям удалось упростить систему, а именно уменьшить угловое поле в пространстве предметов до 64 градусов, однако, было необходимо увеличить диаметр входного зрачка с целью сохранения размеров диска Эйри. В полученной системе обеспечивается дифракционное качество, а также малая f -theta дисторсия. Система оказывается устойчива к колебаниям температур, обеспечен достаточный вынос входного зрачка.

Конечным этапом исследования становится моделирование оптической головки лазерного принтера с использованием однокомпонентной системы (рис. 5).

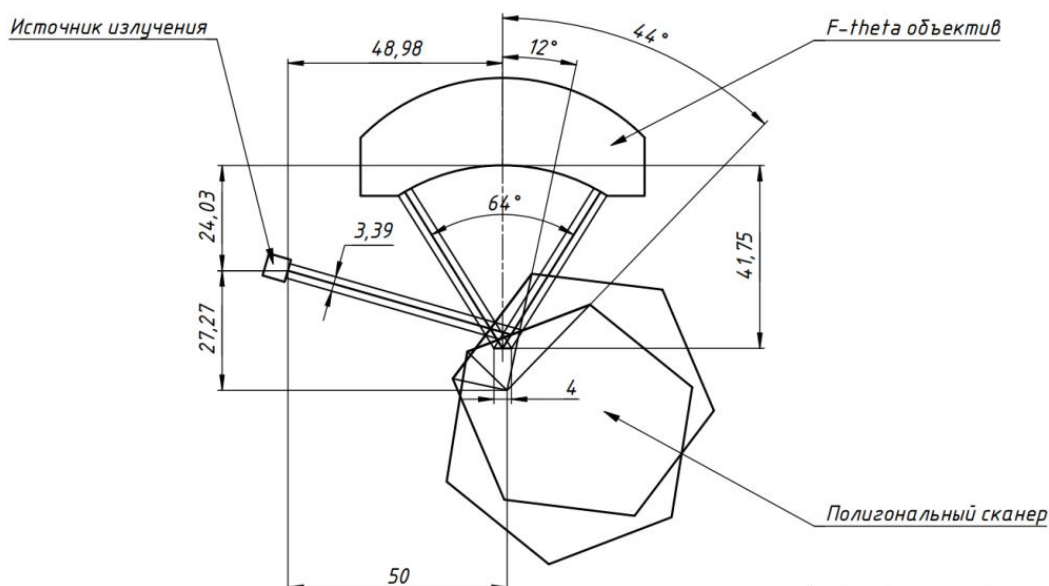


Рис. 5. Габаритный чертеж

Точка вращения полигонального сканера оказывается смещена относительно его оси симметрии, что позволяет выдержать размеры входного зрачка и сохранить линейную зависимость. Ход лучей в оптической системе представлен на рисунке 6.

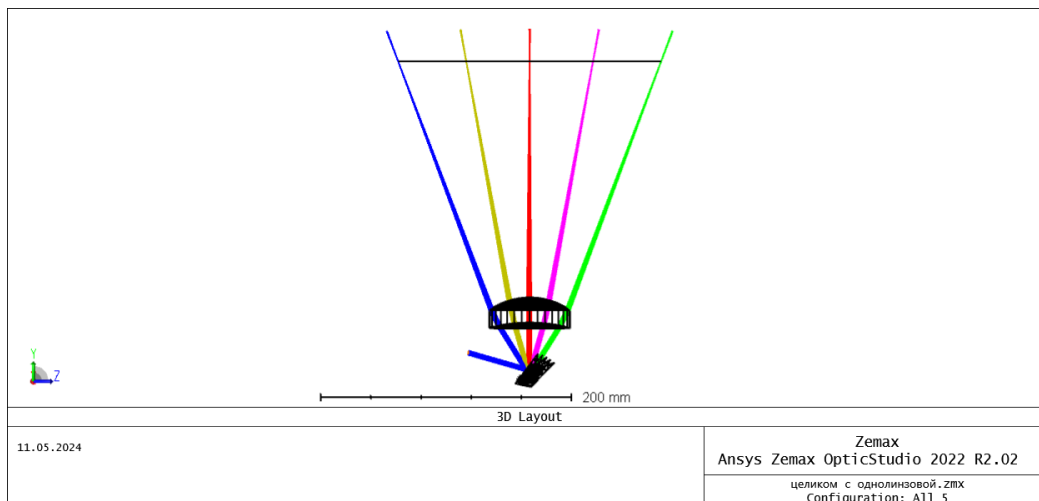


Рис. 6. Ход лучей в оптической системе

В ходе выпускной квалификационной работы была выполнена поставленная задача, а именно спроектирована однокомпонентная система на основе полимерной линзы с асферическим профилем образующей поверхности.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В ходе выпускной квалификационной работы разработана оптическая система для лазерного принтера на основе линзы из оптического полимера, работающая с излучением лазерного диода с длиной волны 405 нм. Для получения требуемого разрешения при печати использована поверхность свободной формы, описываемая полиномиальным уравнением.

Разработанная система отличается компактными размерами и высоким разрешением.

Разработанная однолинзовая система обеспечивает разрешение при печати не хуже 400 dpi, работает с полигональным сканером, с разверткой луча в пределах ± 32 градуса. В работе также выполнен анализ работы системы при изменениях температуры от 10°C до 50°C, показавший стабильность характеристик системы при работе в указанном температурном диапазоне.

В дальнейшем рассматривается возможность разработки системы в реальных компонентах.

Список использованных источников

1. F-Theta Scan Lenses. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.thorlabs.com/newgrouppage9.cfm?objectgroup_id=6430 (дата обращения: 28.12.2022).
2. Yong-Woo Park, Zhen Qin, Sung-Ki Lyu Study on design and processing performance verification of a 600 dpi f-theta lens // Journal of Mechanical Science and Technology. – 2021. – №. 35. – P. 5643.
3. Yurevich V.I., Grimm V.A. Optical design and performance of F-Theta lenses for high-power and high-precision applications // Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering. – 2015. DOI: 10.1117/12.2190777.
4. Дисторсия в f-theta объективах. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://geosib.sgugit.ru/wp-content/uploads/2021/sborniki/tom8/025-032.pdf> (дата обращения: 28.12.2022).

Выпускник

Осипов Ефим Витальевич

факультет систем управления и робототехники

e-mail: osipov.efim@gmail.com

Научный руководитель

Борисов Иван Игоревич

к.т.н., профессор факультета систем управления и робототехники, исполнительный директор Центра Робототехники Сбера

e-mail: borisovii@itmo.ru

УДК 004.896

**СОДИЗАЙН НЕПОЛНОПРИВОДНЫХ МЕХАНИЗМОВ ЗАХВАТНЫХ
УСТРОЙСТВ И ШАГАЮЩИХ РОБОТОВ ПОСРЕДСТВОМ
ГЕНЕРАТИВНЫХ АЛГОРИТМОВ**

Работа выполнена в рамках создания инструментального ПО, разрабатываемого в рамках плана Исследовательского центра в сфере искусственного интеллекта «Сильный ИИ в промышленности» (ИЦ ИИ) в рамках соглашения с АНО «Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации» (ИГК 000000D730321P5Q0002), № 70–2021–00141, с целью генеративного и интерактивного дизайна адаптивных и энергоэффективных манипуляционных и локомоционных роботов.

Ключевые слова

Неполноприводные хватные устройства, тросовая передача, локомоционные роботы, рычажные механизмы, генеративный дизайн робототехнических систем.

Цели и задачи

Появление квази-прямых приводов, емкостных батарей, легких датчиков и методов управления на основе прогностических моделей и обучения с подкреплением подготовила аппаратное и программное обеспечение роботов, способных работать в динамичной и неструктурированной среде. С развитием искусственного интеллекта станет возможным создать интеллектуального робота, который будет автономно принимать решение и безопасно сосуществовать и помогать человеку в быту и на производстве. Проектирование таких роботов многокритериальная задача с множеством параметров, решение которых традиционным методом приведет к созданию роботов с ограниченной функциональностью. Разработка новых методов проектирования на основе со-дизайна и генеративного дизайна позволят найти новые решения способные быть энергоэффективными и универсальными. Целью работы является

разработка алгоритма со-дизайна топологической и параметрической оптимизации механизмов неполноприводных захватных устройств и ног шагающих роботов. В работе требуется выполнить задачу оптимизации тросиковых и рычажных механизмов с учётом систем управления ими.

Основная часть (методология, результаты)

В ходе работы были разработаны и программно реализованы два алгоритма со-дизайна для проектирования открытых и замкнутых рычажных конструкций. Первый алгоритм показал свою эффективность на задаче со-дизайна неполноприводного захватного устройства с тросовой передачи. Наиболее успешные конструкции были изготовлены на 3 D-принтере и испытаны в задаче захвата объектов.

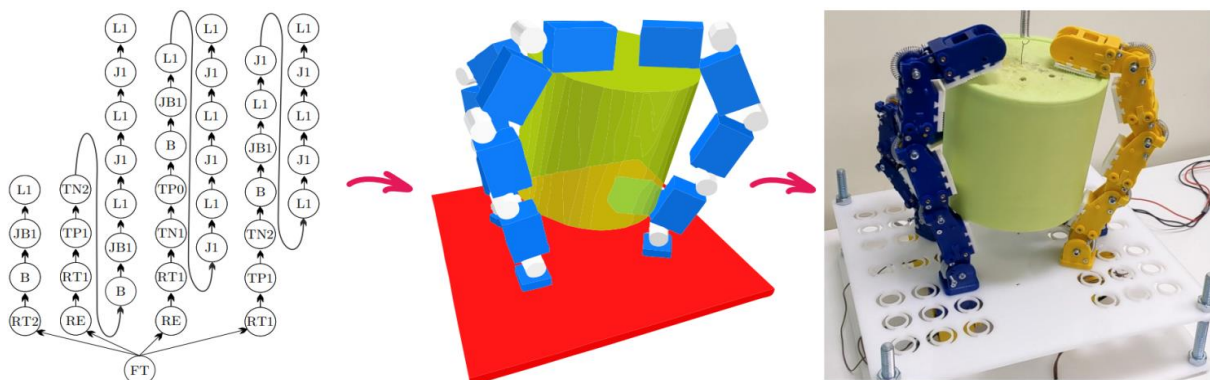


Рисунок. Пример работы алгоритма со-дизайна открытой кинематики для захватных устройств: 1) генерация механизма, 2) оценка в имитационной среде, 3) верификация результатов в натурном эксперименте

В первом алгоритме используется грамматические правила для генерации конструкций. Это позволяет описать конструкцию в виде графа, где вершины соответствуют компонентам механизма, а ребра — связям. Грамматика графов описывает пространство конструкций и правила модификаций графа.

Для исследования пространства конструкций и поиска оптимальных решений используется поиск по дереву методом Монте-Карло. Алгоритм поиска был адаптирован под задачу генерацию конструкций. В узлах дерева решений алгоритма располагаются конструкции робота, они связаны между собой ориентированным ребром, которое задает переход от одной конструкции к другой с помощью грамматических правил. Листья в дереве решений являются терминальными конструкциями робота, которые отправляются на оценку с помощью имитационного моделирования.

Оценка конструкции производится в сценариях, где механизм испытывается в решение задачи в имитационной среде. По результатам моделирования решение получает количественную оценку, показывающую насколько эффективно была решена задача. Захватные устройства испытывались в задаче захвата нескольких объектов и удержании при внешних воздействиях. Для устройств оценивалось время удержания объектов, количество поверхностей контакта, изотропия контактных сил и изменение положение объекта в начале схвата и в конце удержания.

Сгенерированные решения с наибольшим вознаграждением были изготовлены на 3D-принтере и испытаны на реальных объектах. Пальцы макета управляются сервоприводами Dynamixel AX-12A, которые устанавливаются под ладонью. Сервоприводы управляются с помощью микроконтроллера STM32F4. Было выполнено сравнение между пальцем макета и в симуляции.

Следуя алгоритму проектирования энергоэффективных и адаптивных устройств из работы [1], после генерации механизма открытой кинематики, которая способна выполнять движение по изначально рассчитанной траектории, следует этап присоединения параллельных кинематических цепочек. Для решения данной задачи был разработан алгоритм со-дизайна замкнутых рычажных конструкций и апробирован на проектировании ноги шагающего робота.

В программе замкнутая рычажная конструкция описывается графом, вершины которого тождественны кинематическим парам механизма. В них содержится информации о положении пары в пространстве и ось вращения. Ребра определяют ограничение на перемещение между двумя вершинами.

Генерация дизайнов начинается с фиксации конфигурации механизма открытой цепи. К открытой цепи присоединяются кинематические группы. Чтобы получать замкнутые конструкции, начало группы присоединяется к основанию открытой цепи, а конец к выходному звену.

После генерации отсеиваются неработоспособные конструкции и алгоритм переходит к оптимизации параметров механизмов с помощью эволюционных алгоритмов. Для оценки эффективности механизмов используется кинетостатические критерии, которые считаются в пространстве задач [2]. Кинетостатические критерии позволяют не проводить имитационное моделирование и провести первоначальный отбор эффективных решений. Для их расчета использовалась программная библиотека Pinocchio [3].

Для наиболее оптимальных решений проводится оптимизация систем управления с оценкой с помощью имитационного моделирования. В качестве системы управления используется пропорционально-дифференциальный регулятор в операционном пространстве с компенсацией гравитации, в котором оптимизируются коэффициенты регулятора. Оптимальным управлением считается то, которая следовала без ошибок по траектории с минимальными моментами.

Работа алгоритма со-дизайна замкнутых рычажных конструкций была показана на задаче проектирования ноги антропоморфного робота. Для оптимизации ноги оценивалось максимальное развиваемое ускорение ноги и максимальная переносимая нагрузка. Полученные решения позволили снизить максимальный момент в 1,8 раз, а среднее значение в 1,55 раза.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В результате выполнения работы был разработан алгоритм со-дизайна открытых рычажных кинематических цепочек и замкнутых рычажных механизмов. Алгоритм со-дизайна открытых механизмов был апробирован на решении задачи синтеза неполноприводных захватных устройств с тросовой передачей, а второй алгоритм был применен при решении задач дизайна ног шагающего робота

Данная работа является частью большого проекта по созданию обобщенного метода со-дизайна энергоэффективных и адаптивных робототехнических конструкций. Объединив алгоритмы, разработанные в данной работе, и добавив оптимизацию эластичных элементов и распределения приводов, полученный фреймворк позволит решать задачи проектирования частей антропоморфного робота.

Список использованных источников

1. Borisov I.I. et al. Computational design of reconfigurable underactuated linkages for adaptive grippers // 2021 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS). – IEEE, 2021. – Pp. 6117–6123.

2. Batto V. et al. Comparative metrics of advanced serial/parallel biped design and characterization of the main contemporary architectures // 2023 IEEE-RAS 22nd International Conference on Humanoid Robots (Humanoids). – IEEE, 2023. – Pp. 1–7.
3. Carpentier J. et al. The Pinocchio C++ library: A fast and flexible implementation of rigid body dynamics algorithms and their analytical derivatives // 2019 IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII). – IEEE, 2019. – Pp. 614–619.

Выпускник

Пандаков Виктор Викторович

институт прикладных компьютерных наук

e-mail: vpandakov@gmail.com

Научный руководитель

Ботов Дмитрий Сергеевич

к.т.н., доцент институт прикладных компьютерных наук

e-mail: dmbotov@itmo.ru

УДК 004.8

БИЗНЕС-ТЕЗИС “HIREMENOW”: РАЗРАБОТКА МУЛЬТИАГЕНТНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ СЕРВИСА ОЦЕНКИ КОМПЕТЕНЦИЙ СОИСКАТЕЛЕЙ

Ключевые слова

автоматическая система оценки знаний, большие языковые модели, LLM, мультиагентная система, автоматическая оценка компетенций, оценка навыков, HR-Tech, управление персоналом, оптимизация найма.

Цели и задачи

Целью работы является разработка коммерчески перспективного сервиса автоматической оценки компетенций, позволяющего его клиентам сократить сроки и стоимость найма.

Основная часть (методология, результаты)

В рамках выпускной квалификационной работы была разработана мультиагентная система для сервиса оценки компетенций соискателей под названием “HireMeNow”. Эта система, объединяющая в себе современные достижения в области больших языковых моделей и искусственного интеллекта, предназначена для использования в быстрорастущих компаниях и стартапах, которые сталкиваются с необходимостью ускорения процессов найма и повышения их эффективности.

Разработка началась с формулировки и тестирования продуктовой гипотезы, согласно которой предполагается, что фаундеры быстрорастущих компаний и стартапов заинтересованы в внедрении системы автоматической оценки навыков соискателей и готовы вкладывать в такое решение средства. Для верификации этой гипотезы были проведены проблемные интервью с целевой аудиторией, что позволило не только подтвердить интерес к такого рода инновациям, но и уточнить ряд ключевых требований и ожиданий потенциальных пользователей.

Параллельно с интервью проводился глубокий анализ рынка, включающий сбор и анализ данных о текущих трендах в сфере HR-технологий и оценки персонала. Особое внимание уделялось изучению конкурентного ландшафта, что позволило выявить недостатки существующих решений и определить возможности для создания уникального продукта.

На основе собранной информации было сформировано ценностное предложение, ориентированное на максимальное удовлетворение потребностей стартапов в эффективном и экономном найме. Для формирования технического облика сервиса были определены технические и функциональные требования, направленные на обеспечение масштабируемости, персонализацию под заказчика и обеспечение точности оценок, не уровне не ниже HR-специалиста. Разработана и реализована микросервисная архитектура, благодаря которой решение может гибко адаптироваться под изменяющиеся требования рынка и нагрузку. Система оценки навыков спроектирована таким образом, чтобы проводить текстовые опросы в полностью автоматизированном виде, анализировать ответы соискателей и подводить итоги в виде подробных отчетов о соответствии кандидатов требованиям вакансий.

Эффективность сервиса была проверена в ходе экспериментов с использованием прототипа решения, в которых участвовали реальные соискатели из IT-сегмента рынка. Сравнение результатов, полученных системой, с оценками HR-специалистов показало высокую степень согласованности (разница в оценках ~2%) и подтвердило преимущества автоматизации процесса оценки.

Исследование показало, что разработанная система обладает значительным коммерческим потенциалом и может эффективно улучшить процессы оценки и подбора персонала в условиях динамично развивающегося рынка.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

Разработка мультиагентной системы для автоматической оценки компетенций соискателей, представленная в данной выпускной квалификационной работе, демонстрирует значительные перспективы для улучшения процессов подбора персонала в сегменте компаний, получивших первые инвестиции (Round A). Система показала возможность снижения времени на подбор персонала на 40% и уменьшения затрат на этот процесс на 30%, что подтверждает ее высокую эффективность и коммерческую привлекательность.

Исследование и разработка системы включали анализ более 60 интервью с потенциальными пользователями и экспертами, что позволило определить основные требования и ожидания от сервиса. Тестирование прототипа подтвердило его функциональность и точность оценок, согласованных с мнениями HR-специалистов на уровне не ниже 95%.

Основываясь на данных, полученных в ходе исследования, можно сделать вывод, что внедрение такой системы позволит компаниям не только сократить расходы, но и повысить качество найма за счет объективной оценки компетенций, не зависящей от человеческих ресурсов. Первичный интерес к системе уже проявили несколько компаний, они готовы внедрить эту технологию в свои HR-процессы.

Для дальнейшего развития проекта и расширения его функционала предусмотрены следующие шаги:

1. Интеграция системы с основными HR-платформами, используемыми в индустрии, что позволит обеспечить её бесперебойную работу в различных бизнес-средах.
2. Разработка дополнительных модулей для адаптации под специфические задачи в различных отраслях, помимо IT, таких как розничная торговля и маркетинг.
3. Проведение масштабных пилотных проектов с участием более 500 соискателей для дополнительного тестирования и оптимизации системы.

Бюллетень работ конкурса «Научный Эверест» Университета ИТМО

Также планируется привлечение инвестиций в размере \$65000 для финансирования следующей фазы проекта, которая включает маркетинговые исследования, разработку и коммерциализацию продукта. По предварительным оценкам, показатель LTV/CAC составляет 4,8, а индекс ROMI — 3,8, что демонстрирует устойчивость и финансовую состоятельность проекта.

Решение “HireMeNow” обладает всеми предпосылками для становления значимым новшеством в области HR-технологий, способным значительно повысить эффективность процессов подбора и оценки персонала на глобальном уровне.

Выпускник

Панченко Дарья Дмитриевна
химико-биологический кластер
e-mail: panchenko@scamt-itmo.ru

Научный руководитель

Комиссаров Алексей Сергеевич
к.б.н., доцент института компьютерных наук
e-mail: komissarov@scamt-itmo.ru

УДК 575.112

ВЛИЯНИЕ ПЕРЕСТРОЙКИ РЕГУЛЯТОРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ГЕНОМА НА СТРУКТУРЫ ХРОМАТИНА В КЛЕТКАХ РАКА ГОЛОВНОГО МОЗГА ЧЕЛОВЕКА

Ключевые слова

SINEs, RNAseq, HiC analysis, chromatin reorganization, network approach, network centralities.

Цели и задачи

Глиомы высокой степени злокачественности — это очень агрессивные опухоли головного мозга, склонные к частым рецидивам [1, 2]. Несмотря на то, что они составляют около четверти всех опухолей головного мозга, их полное удаление затруднено из-за инвазивного характера, что снижает шансы на успешное лечение [3, 4]. Основным методом лечения - хирургическая резекция, но даже при значительном прогрессе в медицине глиомы остаются сложной проблемой из-за недостаточно изученных генетических и эпигенетических механизмов [5]. Одним из направлений исследований является роль SINEs в регуляции генома, поскольку эти элементы могут влиять на транскрипцию генов. Цель данного исследования – изучить влияние SINEs на пространственную организацию генома и регуляцию генов в глиомах с помощью методов Hi-C, транскриптомного и геномного анализа [6, 7, 8].

Основная часть (методология, результаты)

Методология, использованная в данном исследовании, соответствует системной схеме, включающей несколько аналитических этапов для решения поставленных задач (рисунок). Вначале проводится транскриптомный анализ для выявления генов, участвующих в канцерогенезе, с использованием таких подходов, как дифференциальный анализ экспрессии генов, для выявления закономерностей дисрегуляции генов. Затем изучается распространение

SINEs в геноме с акцентом на выявление SINE-элементов, расположенных вблизи генных регионов. Для этого проводится геномный анализ, характеризующий распределение и обилие SINEs по всему геному человека. Hi-C анализ исследует различия в организации генома между образцами с целью выявления корреляций с результатами транскриптомного и SINE анализа. Также, в данном исследовании был применен новый метод исследования взаимодействия между отдельными хромосомными регионами с высоким разрешением. Для выявления потенциальных регуляторных блоков, которые могут принимать участие в реорганизации хроматина, использовались показатели близости и центральности между ними. Наконец, визуализация позволила выделить ключевые регионы генома и изучить их потенциальную 3D-структуру, что дало возможность понять функциональные последствия SINE-опосредованной организации генома.

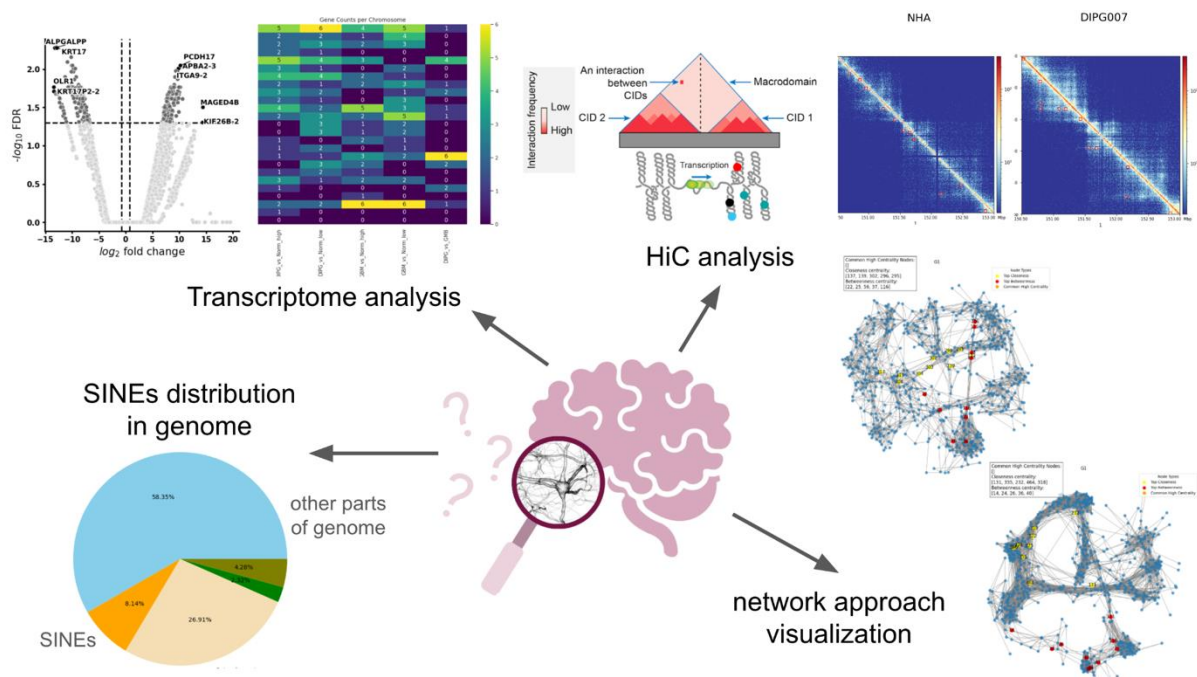


Рисунок. Этапы исследования. Шаг 1. Выявление дифференциальной экспрессии генов между образцами здоровых и опухолевых клеток. Шаг 2. Распределение SINEs в геноме. Шаг 3. 3D организация хроматина. Шаг 4. Визуализация наиболее значимых регионов хроматина

Геномный анализ показал, что 8,43% всего генома занято SINEs, причем 26,2% расположены в генных регионах, а 31,1% – в промоторных регионах, простирающихся от -50 Кб до сайта начала транскрипции (TSS). Детальные исследования были сосредоточены на SINEs в этих промоторных областях. Транскриптомный анализ двух образцов диффузной внутримозговой понтинной глиомы (DIPG) по сравнению с контрольным образцом из здоровой ткани мозга выявил дифференциальную экспрессию 297 генов. Эти гены, в основном вовлеченные в пути, отвечающие за регуляцию транскрипции, связанной с ДНК, и развитие нервной системы, демонстрируют повышенную регуляцию в DIPG. Напротив, при сравнении образцов глиобластомы с контрольной группой были затронуты преимущественно пути, связанные с делением клеток. Кроме того, в образцах DIPG и GBM наблюдалось снижение регуляции пути кератиновых нитей (GO:0045095). Сравнительный Hi-C анализ этих образцов дал средний коэффициент корреляции 0,39 между пациентами с ДМПГ и контролем и 0,43 между образцами ГБМ и контролем. Анализ RNA-seq подтвердил эти результаты, указав на более тесную генетическую экспрессию между контролем и GBM, чем в образцах DIPG. На заключительном этапе анализа регионы хроматина были проверены на наличие бинов размером 5000 п.н., демонстрирующих высокую частоту контактов с соседними бинами и содержащих SINEs. Например, был идентифицирован бин 52.165.000–52.170.000 в кластере

генов Intermediate Filament (IntFil) на хромосоме 12. Этот бин показал обширные контакты с соседними бинами в регионе 52-54Мб и содержал ранее идентифицированный SINE с высоким баллом идентичности. Дополнительные интересные регионы с высококонсервативными SINE были выявлены на хромосомах 1, 5, 11, 17 и X, что подчеркивает широкое распространение этих элементов по всему геному.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

Данное исследование проясняет роль SINEs во влиянии на геномную архитектуру и регуляторные ландшафты в глиомах высокой степени зрелости. Благодаря интеграции Hi-C, транскриптомного и геномного анализов, исследование дает новое представление о том, как SINEs могут определять сложную патофизиологию этих агрессивных опухолей. В итоге эти результаты могут проложить путь к разработке целевых терапевтических стратегий, направленных на генетические и эпигенетические основы рецидива и прогрессирования глиомы.

Список использованных источников

1. Louis D.N. et al. The 2021 WHO classification of tumors of the central nervous system: A summary // *Neuro-oncology*. – 2021. – №. 23(8). – Pp. 1231–1251. DOI: 10.1093/neuonc/noab106.
2. Xu Y. et al. Efficacy and safety of pharmacotherapy for recurrent high-grade glioma: a systematic review and network meta-analysis // *Frontiers in Pharmacology*. – 2023. – №. 14. – P.1191480. DOI: 10.3389/fphar.2023.1191480.
3. McKinnon C., Nandhabalan M., Murray S.A., Plaha P. Glioblastoma: Clinical presentation, diagnosis, and management // *BMJ*. – 2021. – №. 374. – P. n1560. DOI 10.1136/bmj.n1560.
4. Wang J. et al. Epigenomic landscape and 3D genome structure in pediatric high-grade glioma // *Sci Adv*. – 2023. – №. 7(39). DOI: 10.1126/sciadv.abg412.
5. Liao X. et al. Repetitive DNA sequence detection and its role in the human genome // *Commun Biol*. – 2023. – №. 6(1). – P. 954. DOI: 10.1038/s42003-023-05322-y.
6. Zhang X.-O., Pratt H., Weng Z. Investigating the potential roles of SINEs in the human genome // *Annu Rev Genomics Hum Genet*. – 2021. – №. 22. – Pp. 199–218. DOI: 10.1146/annurev-genom-111620-100736.
7. Ramsoomair C.K. et al. The epitranscriptome of high-grade gliomas: a promising therapeutic target with implications from the tumor microenvironment to endogenous retroviruses // *J Transl Med*. – 2023. – №. 21(1). – P. 893. DOI 10.1186/s12967-023-04725-z.
8. Douville C. et al. Seq-ing the SINEs of central nervous system tumors in cerebrospinal fluid // *Cell Reports Medicine*. – 2023. – №. 4(8). DOI 10.1016/j.xcrm.2023.101148.

Выпускник

Пахалок Альбина Магомедовна
факультет биотехнологий
e-mail: albinapahalok4@gmail.com

Научный руководитель

Зайцев Валерий Геннадьевич
к.б.н., доцент факультета биотехнологий
e-mail: zaitsev@vfanc.ru

УДК 577.2.08

**РАЗРАБОТКА БУМАЖНОГО АНАЛИТИЧЕСКОГО УСТРОЙСТВА
ДЛЯ МУЛЬТИПЛЕКСНОГО АНАЛИЗА МЕТАБОЛИТОВ РАСТЕНИЙ**

Ключевые слова

Микрофлюидика, бумажные аналитические устройства, метаболиты растений, флавоноиды, экспресс–тесты.

Цели и задачи

Бумажные аналитические устройства представляют собой доступную альтернативу «классическим» методам анализа, позволяющую осуществить определение содержания искомым веществ вне лаборатории с минимальными затратами времени и средств. В контексте пищевой биотехнологии особый интерес представляет возможность анализа содержания биологически активных веществ в растительном сырье. Целью данной работы является разработка мультиплексного бумажного аналитического устройства для бесприборного анализа метаболитов растений. Задачи: выбор гидрофобизатора и фильтровальной бумаги для создания матрицы устройства, выбор анализируемых веществ, конструирование и оценка аналитических характеристик бумажного устройства.

Основная часть (методология, результаты)

Для создания матрицы бумажного аналитического устройства были протестированы шесть потенциальных гидрофобизаторов (жидкий корректор, лак для ногтей, перманентный маркер, маркер на лаковой основе, цапонлак, восковые мелки) и пять марок фильтровальной бумаги. Для сравнения эффективности различных гидрофобизаторов на бумаге были сформированы аналитические зоны с толщиной границы 5 мм. Фильтры, аналитические зоны на которых были сформированы с помощью восковых мелков, подвергались нагреванию в

сушильном шкафу при температуре 70°C в течение 10 минут для пропитывания бумаги воском в области нанесения. В центр каждой зоны была нанесена капля окрашенного раствора (0,1% метилового оранжевого в воде либо 0,1% бромкрезолового зелёного в спирте) и измерялось максимальное растекание раствора за пределы зоны нанесения. При этом идеальным результатом считалось отсутствие выхода раствора за пределы зоны нанесения, приемлемым – выход не более чем на 4,9 мм, недопустимым – выход на 5 мм и более. Результаты измерений представлены в таблице 1.

Таблица 1. Сравнение эффективности гидрофобизации различными агентами

Растворитель	Марка фильтровальной бумаги			
	ФОБ («Жёлтая лента»)	ФБ («Красная лента»)	ФС («Белая лента»)	ФОМ («Зелёная лента»)
Выход за пределы зоны нанесения р-ра, мин.-макс., мм				
Цапонлак				
H ₂ O	0	>5	>5	>5
C ₂ H ₅ OH	0	0	0	0
Лак для ногтей				
H ₂ O	>5	>5	>5	>5
C ₂ H ₅ OH	>5	0,5-3	>5	0,5-3
Жидкий корректор				
H ₂ O	1-3	0,5-4	1-2	>5
C ₂ H ₅ OH	0	1-2	0,5-1	0,5-1
Перманентный маркер				
H ₂ O	–	–	–	–
C ₂ H ₅ OH	–	–	–	–
Маркер на лаковой основе				
H ₂ O	>5	>5	>5	>5
C ₂ H ₅ OH	0,5-2	0,5-3	0,5-1,5	1-2
Восковой мелок				
H ₂ O	0	1-1,5	0	0
C ₂ H ₅ OH	0	0	0	0

В качестве гидрофобизирующего агента был выбран воск, так как данный материал не только позволяет придать бумаге водоотталкивающие свойства, но и является удобным в использовании.

Для оценки проводимости бумаги фильтры марок ФОБ, ФБ, ФС, ФМ и ФОМ были нарезаны на полоски 6 x 0,5 см, которые затем были погружены одним концом (0,1 мм) в 0,1% водный раствор метилового оранжевого на 5 минут под углом 90°, после чего замерялось расстояние от точки погружения до точки остановки цветного фронта (табл. 2).

Таблица 2. Сравнение проводимости фильтровальных бумаг

Марка фильтровальной бумаги	Точка остановки фронта красителя, см от начала, min-max
ФОБ («Жёлтая лента»)	4,5-5,5
ФБ («Красная лента»)	5,1-5,5
ФС («Белая лента»)	4,2-5,0
ФМ («Синяя лента»)	3,9-4,1
ФОМ («Зелёная лента»)	2,7-3,1

Из результатов следует, что проводимость отрицательно коррелирует с диаметром пор. Для изготовления бумажного аналитического устройства была выбрана бумага марки ФМ, так

как она обладает оптимальной проводимостью, кроме того, имеет схожие характеристики с часто используемыми в создании таких устройств бумагами зарубежных производителей [1].

Кроме того, было произведено прототипирование альтернативной модели теста – с детекцией «по дистанции»: полоски фильтровальной бумаги 6 x 0,5 см были пропитаны 5% раствором $AlCl_3$ в этаноле и высушены на открытом воздухе, после чего были соединены с отдельно изготовленной зоной нанесения 1 x 0,5 см из фильтровальной бумаги той же марки путём закрепления на клейкой ленте. Модели устройств использовались для анализа 10 мкл 0,1 М раствора кверцетина, результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3. Результаты моделирования теста на дистанцию

Разведение реагента	Точка остановки цветного фронта, см от начала, min-max				
	Марка фильтровальной бумаги				
	ФОБ («Жёлтая лента»)	ФБ («Красная лента»)	ФС («Белая лента»)	ФМ («Синяя лента»)	ФОМ («Зелёная лента»)
1:2	2,2–2,9	0,9–2,6	2,5–2,8	1,8–2,4	1,9–2,3
1:4	1,9–2,4	2,2–2,7	2,3–2,6	1,9–2,3	1,6–2,0
1:8	2,1–2,5	2,3–2,6	2,3–2,6	1,9–2,4	1,7–2,5
1:16	2,0–2,4	1,4–1,8	2,3–2,6	1,6–2,1	1,8–2,2

Существенного влияния концентрации реагента и диаметра пор бумаги на длину дистанции выявлено не было. В процессе разработки теста на дистанцию возникли и другие проблемы, в частности, обеспечение направленного движения жидкости в мультиплексном устройстве и отсутствие значительной разницы между различными концентрациями аналита, в связи с чем было принято решение отказаться от данного метода детекции.

Для колориметрического мультиплексного теста были выбраны следующие реагенты: $AlCl_3$ (общее содержание флавоноидов [2]), $AgNO_3$ (восстановление серебра – селективная реакция, позволяющая исключить нарингин, нарингенин и кризин [3]), $FeCl_3$ и фенантролин (общая антиоксидантная активность), 2,6-дихлорфенолиндофенол (содержание аскорбиновой кислоты [4]). В соответствующие зоны было внесено по 10 мкл каждого реагента, после испарения жидкости устройство было готово к использованию. Конструкция теста показана на рисунке.

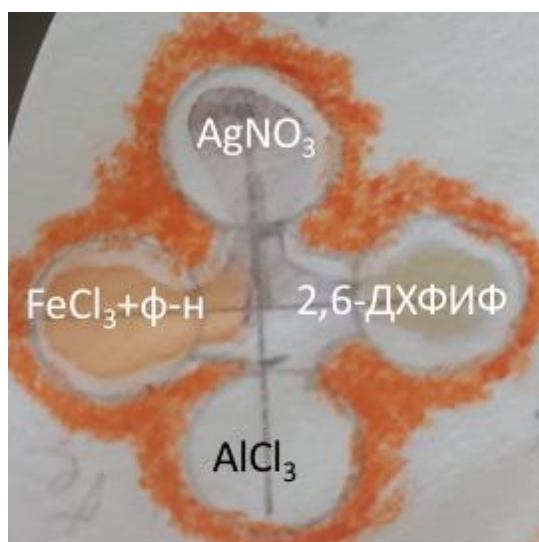


Рисунок. Готовый к использованию колориметрический тест (расположение реагентов отмечено на рисунке)

Предел определения (LOD) и предел количественного определения (LOQ) были установлены путём анализа 10 мкл раствора кверцетина в пяти различных концентрациях (0,1 М, 0,01 М, 0,005 М, 0,001 М, 0,0005 М) и оценки цвета. Результаты представлены в таблице 4.

Таблица 4. Аналитические характеристики бумажного устройства

Реакция	LOD, мг/мл	LOQ, мг/мл
с AlCl ₃	0,3	1,5
с AgNO ₃	0,3	1,5
с FeCl ₃ и фенантролином	<0,15	–
с 2,6-дихлорфенолиндофенолом	негативная реакция	негативная реакция

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В ходе работы были рассмотрены свойства различных марок фильтровальной бумаги и ряда доступных гидрофобизаторов, которые могут быть использованы для изготовления бумажных аналитических устройств, что позволило разработать простой в использовании, недорогой и эффективный колориметрический тест для определения содержания в растворе флавоноидов и других антиоксидантов, подходящих для получения наночастиц серебра из AgNO₃.

В дальнейшей работе планируется разработка бумажного аналитического устройства с детекцией по дистанции.

Список использованных источников

1. Pradela-Filho L.A. et al. Paper-based analytical devices for point-of-need applications // *Microchim Acta*. – 2023. – Vol. 190. – №. 5. – P. 179.
2. Kurdyukov E.E. et al. Approach to stevia standardization as perspective medicinal plant: evaluation of stevia leaves flavonoid contents // *JCPRM*. – 2019. – №. 1. – Pp. 217–224.
3. Terenteva E.A. et al. Formation of plasmonic silver nanoparticles by flavonoid reduction: A comparative study and application for determination of these substances // *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*. – 2015. – Vol. 151. – Pp. 89–95.
4. Коренман И.М. Фотометрический анализ. Методы определения органических соединений. — Москва: Химия, 1970. – 334 с.

Выпускник

Петухов Виктор Алексеевич

факультет безопасности информационных технологий

e-mail: viktor_petyhov@bk.ru

Научный руководитель

Воробьева Алиса Андреевна

к.т.н., доцент факультета безопасности информационных технологий

e-mail: vorobeva@itmo.ru

УДК 004.852

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ВЫЯВЛЕНИЯ МАШИННО-СГЕНЕРИРОВАННЫХ ТЕКСТОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ СОЦИОТЕХНИЧЕСКИХ АТАК

Ключевые слова

Предобработка текстов, LSTM, BERT, токенизация, машинная обработки естественного языка, машинное обучение.

Цели и задачи

С открытием архитектуры нейронных сетей “Transformer” [1] и созданием на её основе модели обработки естественного языка “BERT” [2] и ей подобных, началась новая эпоха в области машинной обработки естественного языка. Модели генерации текста стали доступными, качество их работы возросло, и человек уже не в состоянии однозначно определить, сгенерирован ли читаемый им текст или нет [3]. Этим могут воспользоваться злоумышленники для повышения количества и качества социотехнических атак [4]. В связи с этим, встаёт задача выявления машинно-сгенерированных текстов.

Основная часть (методология, результаты)

В ходе проведения сравнительного анализа современных решений в области выявления машинно-сгенерированных текстов было установлено, что на данный момент точность классификации текстов на русском языке низка.

Для решения данной проблемы был разработан алгоритм выявления машинно-сгенерированных текстов, блок-схема алгоритма представлена на рисунке. Отличительной особенностью алгоритма стал блок накопления исследуемого текста, до порогового значения длины.

В ходе разработки алгоритма была проведена серия экспериментальных исследований, в результате которых были определены следующие компоненты алгоритма:

- модель векторизации – BERT;
- модель классификации – сеть LSTM.

Также была определена зависимость ассигасы от минимальной длины исследуемых текстов. Параметр ассигасы достигает пороговых значений в 0,9, 0,95 и 0,99 при длине текстов в 30, 50, 120 токенов.

Исследование проводилось на основе набора данных, составленного в рамках RuATD-2022, – соревнования по выявлению машинно-сгенерированных текстов [5].

Метрикой для оценки работы моделей была выбрана ассигасы.

В результате проведения сравнительного анализа было установлено, что при ограничении длины исследуемого текста в 30 токенов точность разработанного алгоритма превосходит точность победителя конкурса RuATD-2022 [6], обученного на том же наборе данных. При ограничении в 50 токенов точность алгоритма становится сравнима с лучшими решениями для английского языка [7].

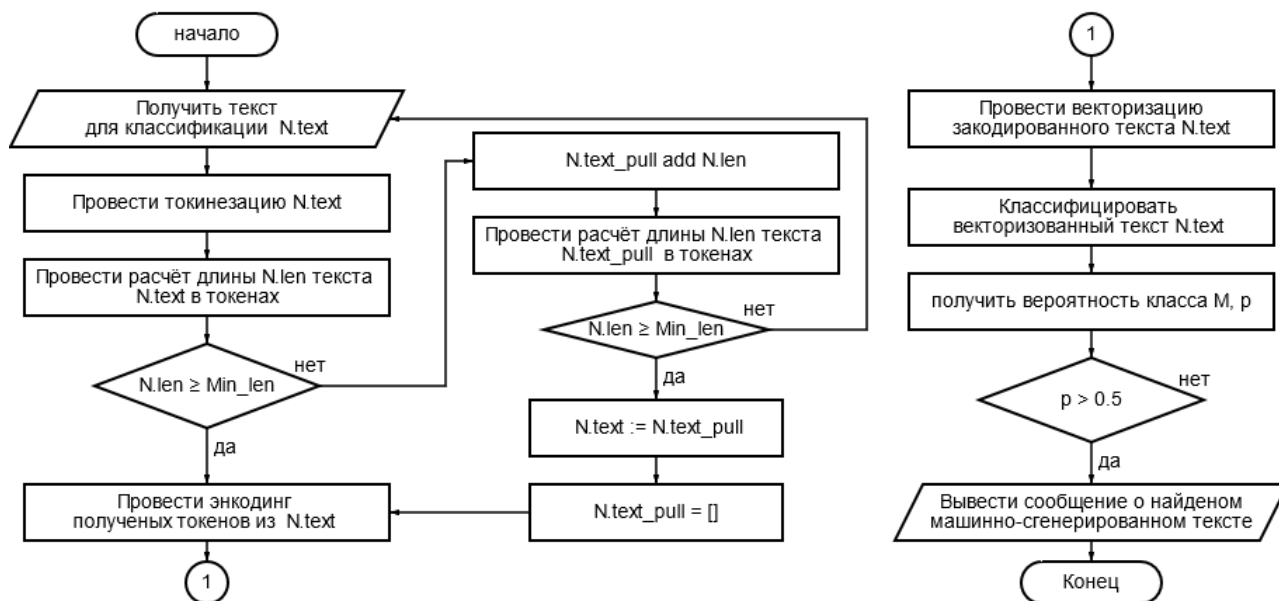


Рисунок. Блок-схема алгоритма выявления машинно-сгенерированных текстов

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В ходе работы был разработан алгоритм выявления машинно-сгенерированных текстов, используемых для автоматизации социотехнических атак. Проведены экспериментальные исследования по оценке точности разработанного алгоритма. Анализ результатов показал, что алгоритм позволяет повысить точность выявления машинно-сгенерированных текстов. Сопоставление полученных результатов с текущим научно-техническим уровнем показало, что предложенное решение является более точным в выявлении машинно-сгенерированных текстов на русском языке.

Перспективными направлениями дальнейшего исследования является:

- понижение порога минимального исследуемого текста без понижения параметра точности;
- анализ работы алгоритма на более совершенных моделях генерации;
- выявление вставок машинно-сгенерированных текстов в тексты, написанные человеком;
- оценка устойчивости алгоритма к состязательным атакам.

Список используемых источников

- 1 Vaswani A. et al. Attention is all you need // Advances in neural information processing systems. – 2017. – Т. 30. arXiv:1706.03762.
- 2 Open Sourcing BERT: State-of-the-Art Pre-training for Natural Language Processing. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://research.google/blog/open-sourcing-bert-state-of-the-art-pre-training-for-natural-language-processing/> (дата обращения: 21.04.2024).
- 3 Pu J. et al. Deepfake text detection: Limitations and opportunities // 2023 IEEE Symposium on Security and Privacy (SP). – IEEE, 2023. – Pp. 1613–1630.
- 4 BIG TRENDS FOR 2023 // The State of Phishing 2023. – 2023. – Pp. 3–6.
- 5 Shamardina T. et al. Findings of the the ruatd shared task 2022 on artificial text detection in russian //arXiv preprint arXiv:2206.01583. – 2022.
- 6 Nguyen D., Naing K. M. N., Joshi A. Stacking the Odds: Transformer-Based Ensemble for AI-Generated Text Detection // arXiv preprint arXiv:2310.18906. – 2023.
- 7 Zhong W. et al. Neural deepfake detection with factual structure of text // arXiv preprint arXiv:2010.07475. – 2020.

Выпускник

Пивоваров Артем Дмитриевич
институт лазерных технологий
e-mail: vvvvww@bk.ru

Научный руководитель

Петров Андрей Анатольевич
к.т.н., доцент, старший преподаватель, научный сотрудник института лазерных технологий
e-mail: petrovandrey79@gmail.com

УДК 303.447.352.4

**БИЗНЕС-ТЕЗИС "CERARM": МОДИФИКАЦИЯ СВОЙСТВ
КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДОМ ИМПУЛЬСНОГО
ЛАЗЕРНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ**

Ключевые слова

Эксимерный лазер, лазерная ударная закалка, лазерный пининг керамики, лазерная система, модифицированная керамика.

Цели и задачи

При выполнении ВКР были поставлены следующие цели. Целью технической части является: исследование механизма ударного лазерного упрочнения керамических материалов при импульсном лазерном воздействии. Для достижения данной цели необходимо выполнить следующие задачи: 1. Анализ научных статей по направлению исследования. 2. Разработка экспериментально-исследовательского стенда на базе эксимерного лазера. 3. Провести экспериментальное исследование модификации поверхности керамики на основе Al₂O₃ марки ВК-96 и компонентов керамических бронепластин. 4. Провести анализ полученных результатов. Целью бизнес части является: разработка бизнес плана для открытия производства керамических бронепластин с повышенной прочностью для бронезилов. Для достижения данной цели необходимо выполнить следующие задачи: 1. Определить узкое направление деятельности бизнеса. 2. Определить целевой рынок и целевой метод коммерциализации. 3. Сформулировать краткосрочные цели для создаваемого бизнеса. 4. Определить необходимый кадровый состав для реализации проекта. 5. Составить базовый финансовый план реализации продукции. 6. Определить источники финансирования создаваемого бизнеса.

Основная часть (методология, результаты)

В данной работе исследовалось изменение поверхностных свойств керамики под действием мощных лазерных импульсов наносекундной длительности, что приводит к

увеличению поверхностной твёрдости материала, которая связана с прочностью. Известная технология ударной лазерной закалки, или лазерного пининга использует ударное воздействие лазерной индуцированной плазмы на поверхность материала, что приводит к изменению структуры и перераспределению напряжений в материале [2]. Наиболее распространена ударная лазерная закалка металлов и сплавов, но в последнее время ведутся исследования по использованию этой технологии для упрочнения керамики [1, 3, 4]. Чаще всего для этого используется импульсные Nd:YAG лазеры или импульсные CO₂ лазеры. Большой интерес представляет использование эксимерных лазеров УФ-диапазона для пининга керамики, так как для таких систем достижимы плотности энергии сопоставимые с известными лазерными источниками для ударной лазерной закалки. Выбор длины волны не был основной задачей, однако спектр поглощения на длине волны 248 нм для керамики Al₂O₃ выше, чем для длины волны 1064 нм, что увеличивает эффективность лазерного воздействия.

Целью исследования являлось изучение воздействия мощных лазерных импульсов наносекундной длительности эксимерного лазера от компании “Coherent” на поверхность керамики на основе Al₂O₃ и изучения параметров образцов после облучения. В исследованиях других авторов чаще всего использовались импульсные лазеры с длинами волн 1,06 мкм и 10,6 мкм [3, 4]. В представленном исследовании использовалась лазерная система на основе эксимерного лазера с длиной волны 248 нм.

Согласно техническим цели и задачам данной выпускной квалификационной работе был проведен: анализ научных статей по направлению исследования; разработан экспериментально-исследовательский стенд на базе эксимерного лазера; было проведено исследование воздействия лазерного излучения на поверхности керамики Al₂O₃ марки ВК-96, Al₂O₃ для керамических бронепластин с поглощающим покрытием, без него, под слоем жидкости.

На основе проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

- эксимерный лазер с длиной волны 248 нм, энергией в импульсе до 250 мДж может быть эффективно использован для ударного лазерного упрочнения керамики. На экспериментальном стенде были проведены исследования для разных образцов: керамическая подложка марки ВК-96, керамика для бронепластины, керамика для бронепластины с поглощающим покрытием, керамика для бронепластины под слоем жидкости;
- поверхностная твёрдость керамики может быть увеличена с использованием метода лазерного пининга. Удалось добиться повышение поверхностной твердости керамики на всех образцах и более чем в 5 раз на образце керамики с поглощающим покрытием;
- определено влияние количества импульсов, воздействующих на одну область. Максимальный эффект воздействия был достигнут в диапазоне 150–200 импульсов, после чего происходит стагнация увеличения твердости;
- определено влияние плотности энергии на изменение твердости керамики. При исследовании керамики для бронепластин без поглощающего покрытия максимальная твердость была получена при плотности энергии 0,53 Дж/см² для 20 импульсов и 1,27 Дж/см² при 100 импульсах;
- исследовано влияние поглощающего покрытия на повышение твердости. Зафиксировано, что твердость с поглощающим покрытием выше до двух раз, чем при обработке без поглощающего покрытия. Это связано с более эффективным поглощением энергии материалом;
- исследовано влияние использования слоя жидкости при обработке керамики. Это ведет к повышению давления в зоне воздействия и более интенсивной модификации поверхностных слоев;
- определена глубина модифицированного слоя при лазерной обработке. Она может составлять порядка сотен микрон.

Согласно бизнес цели и задачам данной выпускной квалификационной работе был разработан бизнес план для открытия производства керамических бронепластин повышенной

твердости для бронезилов. Была проанализированы и определены целевой рынок и целевой метод коммерциализации. Были сформулированы краткосрочные цели для создаваемого бизнеса. Был определен необходимый кадровый состав для реализации проекта. Был составлен базовый финансовый план реализации продукции. Были определены источники финансирования создаваемого бизнеса. Была разработана матрица рисков.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

Подводя итог проделанной работы хочется отметить, что технология лазерного пининга керамических материалов может быть использована в различных областях промышленности. Особый интерес данная технология может представлять для упрочнения керамических бронепластин. В рамках работы была продемонстрирована возможность применения такой технологии и проведена оценка возможности коммерческой реализации бизнес-проекта по её внедрению в производство. В аспирантуре планируется продолжить исследование воздействия высокоэнергетических лазерных импульсов на керамические материалы и продолжена реализация бизнес-проекта.

Список использованных источников

1. Shukla P., Smith G.C., Waugh D.G , Lawrence J. Development in laser peening of advanced ceramics // *Industrial Laser Applications Symposium*. – 2015. – №. 96570K-1 (2015). – Pp. 2–3.
2. Цимбал А.Л. Лазерное ударное упрочнение. – 2011. – Pp. 1–7.
3. Shukla P., Crookes R., Wu H. Shock-wave induced compressive stress on alumina ceramics by laser // *Materials and Design*. – 2019. – № 167(2019). – Pp. 1–3.
4. Shukla P., Nath S., Wang G., Shen X., Lawrence J. Surface property modifications of silicon carbide ceramic following laser shock peening // *Journal of the European Ceramic Society*. – 2017. – № 11106(2017). – Pp. 1–2.

Выпускник

Пименов Андрей Владимирович

факультет информационных технологий и программирования

e-mail: tik11994@mail.ru

Научный руководитель

Ефимова Валерия Александровна

к.т.н., ассистент факультета информационных технологий и программирования

e-mail: valeryefimova@gmail.com

УДК 004.04

**РАЗРАБОТКА И АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ
СВЕРХВЫСОКОРАЗМЕРНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ
ДЛЯ СЕМАНТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА С ПРИМЕНЕНИЕМ
НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ**

Ключевые слова

Векторные изображения, нейронные сети, трансформеры, поиск схожих изображений, анализ больших данных.

Цели и задачи

Исследования в области использования нейронных сетей для анализа векторной графики становятся всё более актуальными, поскольку они могут существенно повысить эффективность процессов в таких отраслях, как автомобильная промышленность, архитектура, проектирование и других. Этот подход позволяет не только упростить и ускорить процесс создания векторных изображений, но и значительно улучшить их качество за счет более точного и глубокого анализа элементов дизайна. Однако, к сожалению, на текущий момент нет универсального и достаточно качественного решения для анализа векторных изображений. Одной из причин является теоретическая неограниченность количества объектов на изображении, что затрудняет анализ таких высокоразмерных векторных изображений, как например чертежи. Соответственно цель исследования — повышение качества анализа сверхвысокоразмерных изображений для их обработки с помощью нейронных сетей.

Основная часть (методология, результаты)

Memory transformer (трансформеры памяти) – это серия исследований в области анализа длинных последовательностей токенов с помощью моделей нейронных сетей построенных на

архитектуре трансформеров [1–4]. Эти исследования объединяют попытки решить проблему анализа больших последовательностей токенов без необходимости модификации архитектур трансформеров, которые существуют на текущий момент.

Наиболее актуальным на текущий момент исследованием является рекуррентный трансформер памяти [4]. В основе этого лежит возможность модели учитывать контекст при обработке данных. Для реализации этого авторы предлагают всю последовательность токенов разбить на сегменты одинаковой длины, которые может обрабатывать модель, а также добавить в каждый сегмент специальные токены памяти, которые модель будет использовать для записи и чтения контекста при обработке сегмента. Таким образом, если при использовании обычного трансформера мы обрабатываем сегменты по отдельности, то при использовании подхода, описанного выше, мы можем задействовать контекст предыдущих сегментов для обработки текущего сегмента как на рисунке 1 [4].

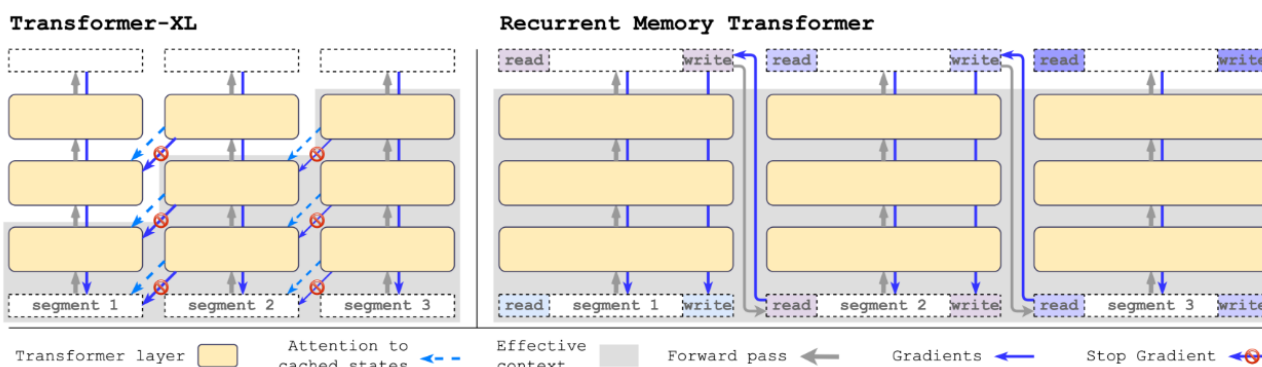


Рис. 1. Сравнение обычного и рекуррентного трансформера

Однако при тестировании на задаче обнаружения плагиата на чертежах данных метод показал недостаточные метрики, а именно: точность обнаружения плагиата 89%, точность разделения плагиата и не плагиата 63%. При анализе было выявлено, что проблема заключается в затухании контекста, как это отображено на рисунке 2. Это приводит к тому, что данные в начале последовательности не учитываются при анализе всего векторного изображения.

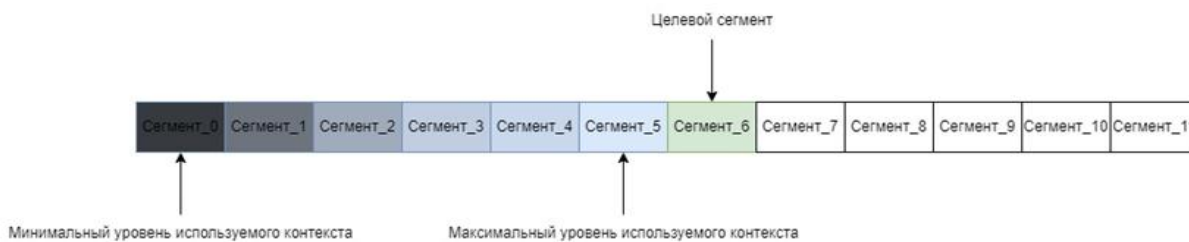


Рис. 2. Отображение проблемы затухания контекста

Для решения данной проблемы была предложена новая архитектура трансформера памяти, а именно расширенный рекуррентный трансформер памяти. Ее идея заключается в расширении использования контекста для улучшения обработки высокоразмерных данных. В рамках данной архитектуры было предложено три новых метода манипулирования контекстом: с помощью списка контекста, с помощью истории контекста и с помощью контекста структуры.

Для тестирования был выбран метод на основе списка контекста. Его идея заключается в использовании не одного последнего извлеченного контекста, а целого списка контекстов, как это отображено на рисунке 3. Он имеет следующие преимущества перед обычным рекуррентным трансформером:

1. Расширяет область используемого контекста.
2. Контекст медленнее затухает.

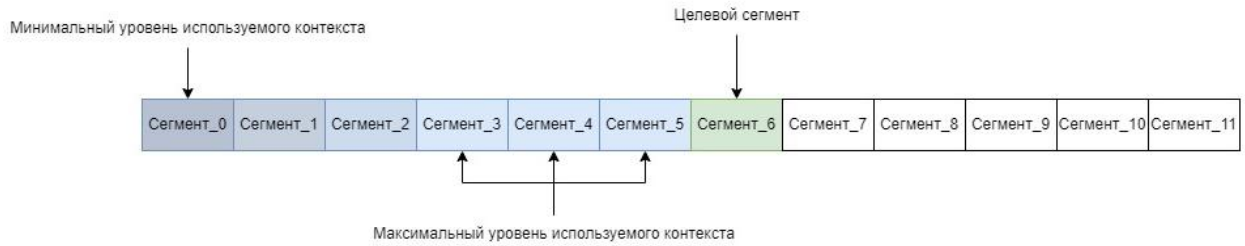


Рис. 3. Расширенный рекуррентный трансформер памяти на основе списка контекста

В ходе тестирования предложенного метода были получены следующие метрики: точность обнаружения плагиата 91%, точность разделения плагиата и не плагиата 88%. Полученные результаты на порядок выше результатов других решений. Полученные результаты как по метрикам, так и визуальные отображенные на рисунке 4 позволяют утверждать, что разработанный метод позволяет достаточно качественно анализировать высокоразмерные изображения, что позволит решать множество различных задач в области анализа и генерации векторных изображений, которые до этого не были решены.

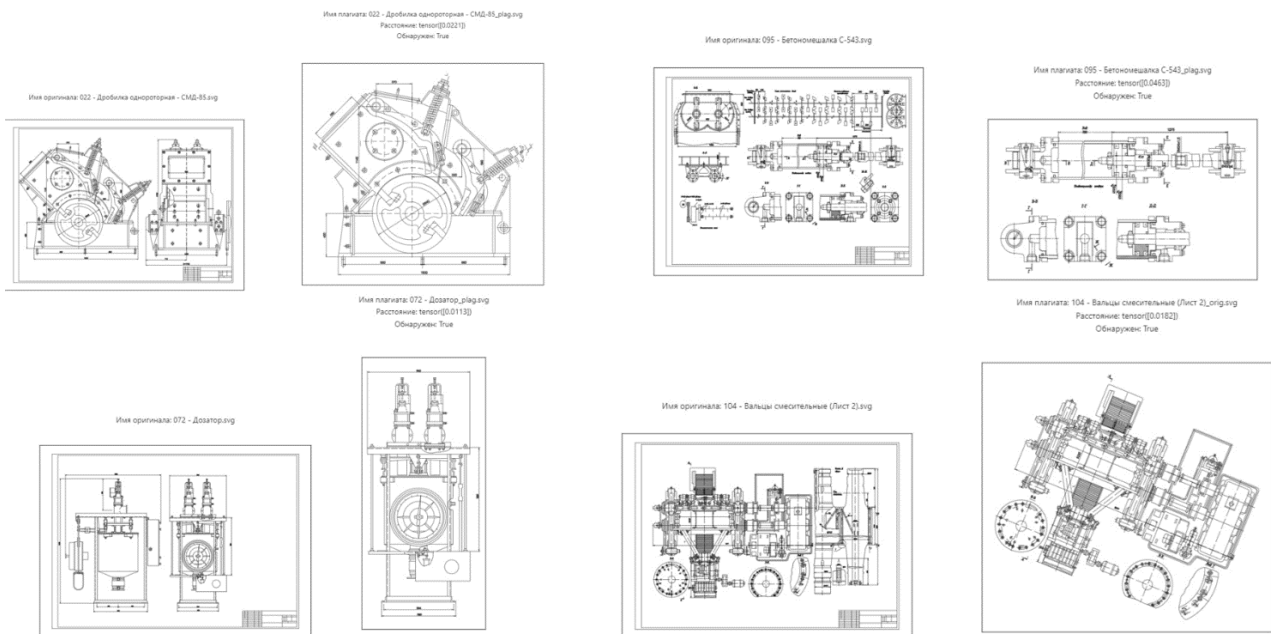


Рис. 4. Примеры из тестового набора данных

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В ходе работы была рассмотрена архитектура рекуррентных трансформеров памяти позволяющих обрабатывать большие последовательности данных. Тестирование показало, что данная архитектура не позволяет достаточно качественно обрабатывать такие высокоразмерные векторные изображения как чертежи. Для устранения проблемы, связанной с угасанием контекста, была разработана собственная архитектура, которая была названа как расширенный рекуррентный трансформер памяти, а также в рамках ее было предложено несколько методов манипулирования контекстом. Тестирование метода на основе списка контекста показало достаточно качественные результаты, что показывает перспективность данного исследования.

В дальнейшей работе планируется протестировать также другие предложенные методы, а именно на основе истории контекста и контекста структуры, а также протестировать метод на других задачах.

Список использованных источников

1. Dai Z., Yang Z., Yang Y., Cohen W., Carbonell J., Le Q., Salakhutdinov R. Transformer-XL: Attentive Language Models Beyond a Fixed-Length Context. 2019. arXiv:1901.02860.
2. Burtsev M., Sapunov G. Memory Transformer. 2020. arXiv:2006.11527.
3. Bulatov A., Kuratov Y., Burtsev M. Scaling Transformer to 1M tokens and beyond with RMT. 2023. arXiv:2304.11062.
4. Bessonov A., Staroverov A., Zhang H., Kovalev., Yudin D., Panov A. Recurrent Memory Decision Transformer. 2023. DOI: 10.48550/arXiv.2306.09459.

Выпускник

Пономарёва Валерия Александровна

научно-образовательный центр фотоники и оптоинформатики

e-mail: ponomary0va.v@yandex.ru

Научный руководитель

Андреева Ольга Владимировна

старший научный сотрудник, д.т.н., доцент научно-образовательного центра фотоники и оптоинформатики

e-mail: ovandreeva@itmo.ru

УДК 615.47:616-074

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УСЛОВИЙ ПРОВЕДЕНИЯ ЭТАПА ХИМИЧЕСКОГО ТРАВЛЕНИЯ НА ОПТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ОБРАЗЦОВ НАНОПОРИСТЫХ СИЛИКАТНЫХ МАТРИЦ

Работа выполнена в рамках темы НИОКТР № 224050800052-2 «Многофункциональные нанопористые силикатные матрицы».

Ключевые слова

Экспресс-контроль характеристик, спектральные характеристики, термическая обработка, кислотная обработка, нанопористые силикатные матрицы

Цели и задачи

Цель: исследование зависимости параметров нанопористых силикатных матриц после этапа химической обработки от условий его проведения. Задачи:

1. Рассмотреть этапы получения НПСМ из сырого двухфазного стекла ДВ, их реализацию в лабораторных условиях и определить их влияние на этап химической обработки.
2. Выявить основные факторы процесса химической обработки, влияющие на качество образцов, стабильность и воспроизводимость их характеристик.
3. Исследовать применимость известных методов измерений параметров образцов НПСМ с необходимой точностью для экспресс-контроля характеристик изготавливаемых образцов.

Основная часть (методология, результаты)

Оптические элементы на основе нанопористых силикатных матриц (НПСМ) имеют широкое применение в ряде задач для биотехнологий, химического анализа, голографии, оптофлюидики и рамановской спектроскопии [1–3]. Для Института Лазерных Технологий

Университета ИТМО мы поставляем образцы для записи микроканалов в пористой структуре образцов с последующим спеканием и получение сплошных кварцойдных стёкол с микроканалами для микрофлюидики. Также, в рамках разработки, была поддержана заявка на конкурс «Старт-1» по теме «Многофункциональные нанопористые силикатные матрицы». Сейчас мы активно ведём разработку подложек для рамановской спектроскопии на основе нанопористых силикатных матриц с покрытием золотыми наночастицами. Высокая чувствительность подложек на основе НПСМ связана с случайно-неоднородной шероховатой наноструктурой поверхности нанопористых образцов, что является уникальным свойством НПСМ, которое обусловлено технологическим процессом их изготовления. Помимо случайной неоднородной структуры, НПСМ обладают ещё рядом свойств, такими как прозрачность в видимой и инфракрасной областях спектра, механическая прочность, высокая абсорбционная способность и химическая устойчивость.

На данный момент важно обеспечить стабильность и воспроизводимость характеристик нанопористых силикатных матриц, поэтому целью моей настоящей работы является исследование зависимости параметров нанопористых силикатных матриц после этапа химической обработки от условий его проведения.

Для достижения поставленной цели был сформулирован ряд задач:

1. Рассмотреть этапы получения НПСМ из сырого двухфазного стекла ДВ, их реализацию в лабораторных условиях и определить их влияние на этап химической обработки.
2. Выявить основные факторы процесса химической обработки, влияющие на качество образцов, стабильность и воспроизводимость их характеристик.
3. Исследовать применимость известных методов измерений параметров образцов НПСМ с необходимой точностью для экспресс-контроля характеристик изготавливаемых образцов.

В первую очередь был проведён контроль качества заготовок по спектрам пропускания. Необходимость контроля качества заготовок возникла в связи с тем, что из оптического цеха были получены заготовки с радужными интерференционными картинками на тонких плёнках на поверхности заготовок (рис. 1). Интерференция на поверхности образцов обусловлена реактивами, используемыми в техническом процессе глубокой шлифовки-полировки поверхности заготовок.

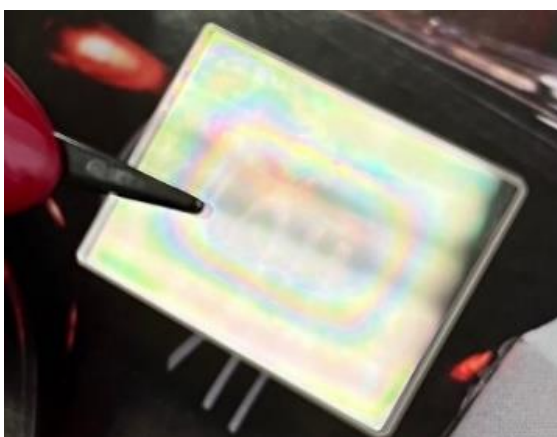


Рис. 1. Фото интерференционной картины на тонкой плёнке на поверхности заготовки

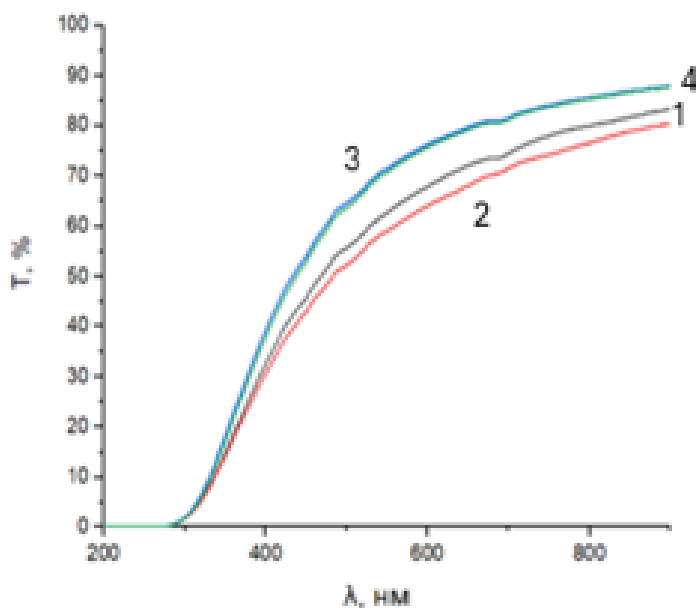


Рис. 2. Спектры пропускания образцов, обработанных спиртом (1 и 2) и мыльным раствором (3 и 4), полученные после кислотной обработки на разных участках образца

Для устранения этой особенности был предложен уже известный метод, который мы использовали для чистки поверхности пористых стёкол от органических загрязнений. Этот метод включает в себя температурную обработку при 350°C, эта температура обусловлена тем, что органические загрязнения при такой температуре устраняются, но в то же время не происходит пересыхания аморфного кремнезёма [4].

Помимо этого, проконсультировавшись с промышленными специалистами, было принято решение обезжиривать поверхность перед проведением отжига спиртом и нейтральным тёплым мыльным раствором. На рисунке 2 показаны спектры пропускания образцов с различной обработкой в различных частях. При одинаковой пористости образец, обработанный спиртом, имеет худшее и неравномерное по площади образца пропускание, что говорит о том, что спирт не справляется с реактивами, которыми обработано стекло, полученное из оптического цеха.

Полученные чистые заготовки можно подвергать кислотной обработке для растворения нестойкой боратной фазы. На данном этапе используется водный раствор соляной кислоты. В ходе экспериментов, опытным путём было выяснено, что предварительный прогрев раствора соляной кислоты позволяет улучшить оптическое пропускание на 5–10%. Это связано с однородностью раствора, прошедшего температурную обработку, а метод схож с подготовкой реактивов для проявления фотографий.

Не менее важным оказалось и время самой кислотной обработки, была собрана статистика по образцам, прошедшим 20 и 24-часовую обработку, пропускание рассматривалось на длинах волн 400, 600 и 800 нм. По данным, представленным в Таблице, видно, что среднее пропускание ближе к длинноволновой области образцов, прошедших 24-часовую кислотную обработку выше, а разброс полученных данных меньше, при равной пористости в пределах погрешности. Была сделана термогравиметрия образцов с различным временем кислотной обработки, показавшая, что 20-часовая обработка не обеспечивает полное удаление боратной фазы из ликвационных каналов пористых образцов.

Таблица. Статистическая обработка результатов измерения около 20 образцов НПСМ с разным временем кислотной обработки

	λ , нм	20 часов	24 часа
T_{cp}	400	36,7	37,9
σ	400	4,7	6,5
T_{cp}	600	70,6	80,2
σ	600	7,0	2,1
T_{cp}	800	79,4	90,1
σ	800	6,7	2,3

При проведении химической обработки образцы находятся в держателе. Предыдущие держатели из титана и полимера оказались химически неустойчивыми к воздействию раствора соляной кислоты. Помимо этого, вертикальное расположение образцов в поле силы тяжести не обеспечивало оптическую однородность получаемых образцов. На основании всех недостатков был предложен держатель с горизонтальным расположением образцов из фторопласта - материала, устойчивого к влиянию соляной кислоты.

Для оценки характеристик образцов, полученных с использованием всех вышеприведённых рекомендаций, в лабораторных условиях – находится пористость образцов. Для этого измеряется масса образца в воздушно-сухом состоянии и масса образца с водой в порах. Этот метод контроля позволяет нам получить экспресс-анализ пористости образцов в лабораторных условиях.

Пористость полученных образцов составила 26,0%, а среднеквадратичное отклонение 0,6%.

Но только пористость не даёт общую картину качества получаемых образцов. При одинаковой пористости образцы могут обладать различным пропусканием. На рисунке 3

представлены спектры пропускания образцов, полученных в ходе проведения кислотного травления в одно время до учёта предложенных рекомендаций, а также спектры пропускания образцов, полученных в результате проведения кислотного травления в разное время с учётом всех предложенных рекомендаций. На основании полученных данных можно сделать вывод, что предложенные рекомендации позволяют значительно увеличить пропускание и уменьшить разброс данных, а также добиться стабильности и воспроизводимости заданных характеристик.

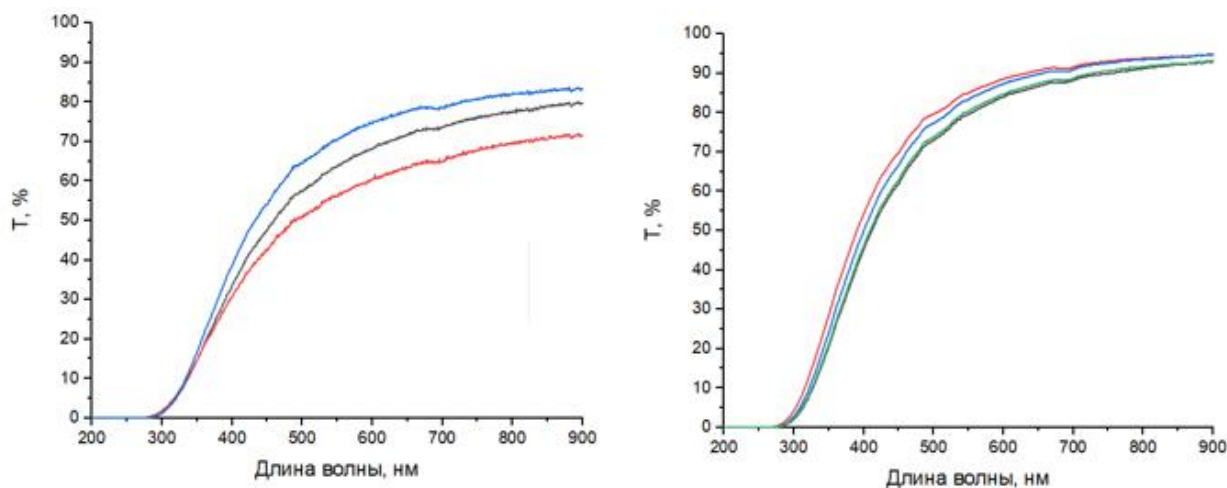


Рис. 3. Спектры пропускания образцов, полученных в ходе проведения химической обработки в одно время до учёта предложенных рекомендаций (слева) и спектры пропускания образцов, полученных в результате проведения химической обработки в разное время после учёта всех предложенных рекомендаций (справа)

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

Исследованы условия проведения этапов технологического процесса изготовления нанопористых силикатных матриц в лабораторных условиях и их влияние на этап химической обработки. Показано, что больше всего на качество образцов влияет оптико-механическая обработка заготовок, формирующая структуру поверхности.

Выявлены основные факторы процесса химической обработки, влияющие на качество образцов, стабильность и воспроизводимость их характеристик. Показано, что материал держателя заготовок при химической обработке должен быть устойчив к воздействию кислоты, высокой температуры и длительной обработке; время обработки при заданной температуре и заданной концентрации химического реагента влияет на главную характеристику образцов НПСМ – спектральное пропускание в видимой области спектра. Даны практические рекомендации.

Отработан режим проведения измерений пористости образцов НПСМ, позволяющий получать разброс экспериментальных данных не более 2,5% для образцов НПСМ, которые получены в одинаковых технологических условиях; спектральные характеристики измерялись на стандартном приборе с точностью 2% и установлены границы допустимых значений пропускания рабочих образцов на длине волны 400 нм – не менее 35%; 600 нм - не менее 80%; 800 нм – не менее 85%.

В дальнейшем планируется продолжение работы в рамках проекта «Многофункциональные нанопористые силикатные матрицы» и создание подложек для рамановской спектроскопии на основе НПСМ.

Список использованных источников

1. Быков Е.П., Заколдаев Р.А., Андреева Н.В., Шишкина А.С., Яндыбаева Ю.И., Андреева О.В. Изготовление нанопористых силикатных матриц: вопросы оптической однородности // Оптический журнал. – 2022. – Т. 89. – №. 3. – С. 56–67.
2. Андреева О.В., Быков Е.П., Исмагилов А.О., Pandya А.Н., Щелканова И.Ю., Андреева Н.В. Нанопористые силикатные матрицы для голографии и биомедицины // Оптика и спектроскопия. – 2021. – Т. 129. – №. 4. – С. 418–426.
3. Shakhgildyan G.Y., Lipatieva T.O., Gavrilova N.N., Sergeev I.I., Tulagin P.E., Chereuta O.S., Sigaev V.N. Substrates for the surface enhanced raman spectroscopy based on nanoporous glass activated with silver particles. *Steklo i keramika*. – 2022. – №. 95(6). – Pp. 3–10.
4. Молчанова О.С. Натриевоборосиликатные и пористые стекла. – Оборонгиз, 1961. – 163 с.

Выпускник

Прокофьева Ирина Алексеевна
институт компьютерных наук
e-mail: prokofieva.irinka@gmail.com

Научный руководитель

Андоскин Андрей Александрович
преподаватель института прикладных компьютерных наук
e-mail: andrey.andoskin2016@yandex.ru

УДК 004.9

**БИЗНЕС-ТЕЗИС "PARIMATE": РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО
ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ СОВМЕСТНОЙ ВЫРАБОТКИ ПРИВЫЧЕК,
ДЕТЕКЦИЯ ТОКСИЧНЫХ СООБЩЕНИЙ И НАСТРОЙКА
ИНФРАСТРУКТУРЫ**

Ключевые слова

Детекция токсичных сообщений, telegram web app, привычки, мотивация, инфраструктура.

Цели и задачи

В 2019 году фитнес-приложение Strava провела исследование, согласно которому 80% людей, решивших начать заниматься спортом в новом году, прекращают тренировки уже 19 января. Быстрая потеря мотивации объясняется тремя когнитивными искажениями: гиперболическим дисконтированием, неприятием потерь и сверхуверенностью. Чтобы бороться с ними, психологи советуют разбивать большие цели на маленькие, вознаграждать себя за каждый выполненный шаг, договариваться о штрафах за невыполнение обещаний, формулировать конкретные цели и заявлять о своем намерении публично. Взяв за основу эти рекомендации, было предложено решение в виде платформы, где каждый может создавать, участвовать и соревноваться в челленджах, мотивирующих на развитие полезных привычек и достижение личных целей через социальное взаимодействие и соревновательный дух.

Основная часть (методология, результаты)

PariMate – это сервис для участия в челленджах, способствующих формированию полезных привычек и саморазвитию. Сервис предлагает пользователям уникальную платформу, где они могут ставить перед собой цели, регулярно выполняя задачи и участвуя в различных челленджах, в то время как система материальных вознаграждений служит дополнительной мотивацией для достижения этих целей [1–3].

С учетом важности создания безопасной и поддерживающей среды для участников челленджей, был проведен сравнительный анализ разных решений задачи детекции токсичных сообщений и выбрана модель, представляющая собой комбинацию предобученного BERT и линейной модели, обученная на собственных данных. Это решение позволило автоматизировать процесс модерации, значительно уменьшив ручной труд администраторов и повысив качество общения внутри сообщества [4, 5].

Также была проведена работа по созданию приложения: проработана архитектура системы, разработана серверная часть приложения и проведена его интеграция с остальными частями системы: телеграм-ботом и веб-интерфейсом, представляющим собой Telegram Web App. Технические решения были приняты с учетом удобства для пользователей, скоростью разработки, возможностью масштабирования и обеспечения безопасности системы. Приложение было контейнеризовано и развернуто на удаленном сервере.

Для успешного запуска и продвижения сервиса была разработана многоуровневая маркетинговая стратегия. Основываясь на предварительном анализе целевой аудитории и их болях, были выбраны каналы для привлечения пользователей, включая сотрудничество с инфлюенсерами и таргетированную рекламу в социальных сетях. Такой подход позволяет не только привлечь начальную пользовательскую базу, но и создать устойчивый интерес к сервису.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В ходе работы была полноценный сервис для развития привычек с проработанной стратегией выхода на рынок.

В рамках стратегии дальнейшего развития нашего проекта была подана заявка на получение гранта «Студенческий стартап». При успешном рассмотрении заявки проект получит финансирование в размере 1 000 000 рублей. Эти средства будут направлены на дальнейшее развитие и совершенствование сервиса, расширение функционала приложения, улучшение пользовательского интерфейса, а также на масштабирование маркетинговых усилий для привлечения новых пользователей.

Список использованных источников

1. A Study of 800 Million Activities Predicts Most New Year's Resolutions Will Be Abandoned on January 19: How to Create New Habits That Actually Stick. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.inc.com/jeff-haden/a-study-of-800-million-activities-predicts-most-new-years-resolutions-will-be-abandoned-on-january-19-how-you-cancreate-new-habits-that-actually-stick.html> (дата обращения: 02.04.2024).
2. The Rise and Fall of New Year's Fitness Resolutions, in 5 Charts. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2019-01-16/here-s-how-quickly-people-ditch-weight-loss-resolutions> (дата обращения: 15.04.2024).
3. Thaler R. Some empirical evidence on dynamic inconsistency // *Economics Letters*. – 1981. – Vol. 8. – №. 3. – Pp. 201–207.
4. Tversky A., Kahneman D. Advances in prospect theory: Cumulative representation of uncertainty // *Journal of Risk and Uncertainty*. – 1992-10. – Vol. 5. – Iss. 4. – Pp. 297–323. DOI: 10.1007/BF00122574.
5. Moore D., Healy P. The Trouble With Overconfidence // *Psychological review*. – 2008. – №. 115. – Pp. 502–517. DOI: 10.1037/0033-295X.115.2.502.

6. Эффект сверхуверенности. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Эффект_сверхуверенности (дата обращения: 17.04.2024).
7. Глоссарий. Психологический словарь. Привычка. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.psychologies.ru/glossary/15/privyichka/> (дата обращения: 18.04.2024).
8. Prochaska J.O., DiClemente C.C. Transtheoretical therapy: Toward a more integrative model of change // *Psychotherapy. Theory, Research and Practice*. – 1982. – №. 19. – Pp. 276–288.

Выпускник

Проскурин Глеб Егорович

факультет программной инженерии и компьютерной техники

e-mail: prge200000@mail.ru

Научный руководитель

Кугаевских Александр Владимирович

к.т.н., доцент факультета программной инженерии и компьютерной техники

e-mail: avkugaevskikh@itmo.ru

УДК 004.89

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА MLOPS КОНВЕЙЕРА
ДЛЯ БАНКОВСКОЙ СРЕДЫ НА ПРИМЕРЕ ПРЕДСКАЗАНИЯ
КРЕДИТНОГО ДЕФОЛТА**

Ключевые слова

MLOPS, K8s, Seldon core, k8s, процесс обработки данных, data lake, service mesh, data mesh.

Цели и задачи

В современном мире данные становятся ключевым активом, особенно в банковском секторе, где они используются для кредитного скоринга. С развитием технологий машинного обучения увеличивается сложность систем, требующая систематического подхода и постоянного обновления.

Подобно классической разработке, где были внедрены принципы DevOps для управления сложностью, в области искусственного интеллекта появляется MLOps. Эта концепция объединяет практики DevOps с особенностями машинного обучения, но её потенциал в автоматизации процессов еще недостаточно исследован. В банковском секторе важно разработать решения, использующие принципы MLOps для улучшения предсказания кредитного дефолта, учитывая значение данных.

Для решения заявленной проблемы выделяются следующие этапы работ:

1. Анализ подходов по работе с данными и реализация целевого решения по потоковой обработке данных.
2. Исследование автоматизации обработки полученных данных и обучения моделей, а также автоматизация контроля за качеством работы модели, с возможностью реагирования на ухудшение.
3. Реализация механизма выведения модели в среду, ее мониторинг.

Основная часть (методология, результаты)

На этапе инициации работы были рассмотрены статьи компаний мирового уровня о необходимости использования MLOps в управлении рисками в проектах с искусственным интеллектом [1]. Был проведен анализ текущих лучших практик в области, описанных в фундаментальной для области статье [2].

На начальном этапе работы был проведен анализ подходов в автоматизации работы с данными. Приведены преимущества и недостатки наиболее популярных, таких как ETL (Extract, Transform, Load) и ELT (Extract, Load, Transform) подходы. Введено обоснование необходимости использования подхода Data Mesh [3] для интеграции с командой-владельцем данных.

Поставлена начальная задача по репликации получаемых командой-владельцем данных в Postgres в подконтрольную для команды машинного обучения среду хранилища больших данных. Спроектировано и реализовано на практике распределенное и отказоустойчивое решение на основе Apache Kafka, Apache Hudi, Trino и Debezium. Полученная система позволила выполнять контроль за качеством данных, для определения проблемы смещения в данных, с целью дальнейшего выполнения переобучения модели.

Следующим этапом был проведен анализ схемы по автоматизированному преобразованию данных для подачи на обучение модели, а также автоматизирован сам процесс проведения экспериментов, для возможного запуска при обнаружении дрефта в данных. Представлено решение проблемы воспроизводимости экспериментов, реализована интеграция с MIFlow.

В качестве базового решения было проведено обучение на основании полученных из процесса обработки данных модели, с выбором в сторону модели XGBoost, как показавшей наибольшую точность на валидации.

В заключительной части работы, были рассмотрены проблемы автоматизации вывода модели в промышленную среду. В качестве решения был спроектирован механизм по выводу полученной модели в среду, обеспечения функциональности примитивов деплоя (канареечное тестирование) через использование Service Mesh подхода, возможности масштабирования системы через использования Kubernetes, и подключение сред исполнения через использования специфичной для машинного обучения платформы Seldon core. Представлена финальная версия архитектуры, способная обнаруживать изменения в данных для обучения и выполнять переобучение модели с выводом ее в среду.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В результате исследования был разработан и внедрен MLOps конвейер для прогнозирования кредитного дефолта, включающий следующие компоненты: работа с данными на основе потоковой обработки, компонент автоматизации обучения и вывода модели в промышленную среду. Полученный результат помогает повысить автоматизацию процесса, уменьшая тем самым возможные убытки от человеческого фактора. Последующие работы будут направлены на специфичные для больших языковых моделей темы, с целью поддержки работы с ними в промышленной среде.

Список использованных источников

1. Sculley D. et al. Hidden technical debt in machine learning systems // Advances in neural information processing systems. – 2015. – Т. 28. – 9 p.

2. Kreuzberger D., Kühl N., Hirschl S. Machine learning operations (mlops): Overview, definition, and architecture // IEEE access. – 2010. – Т. 5. – №. 3. – P. 9775.
3. Machado I.A., Costa C., Santos M.Y. Data mesh: concepts and principles of a paradigm shift in data architectures // Procedia Computer Science. – 2022. – Т. 196. – Pp. 263–271.

Выпускник

Пузырева Дарья Игоревна
факультет экотехнологий
e-mail: 370034@edu.itmo.ru

Научный руководитель

Кустикова Марина Александровна
к.т.н., доцент факультета экотехнологий
e-mail: marinakustikova@mail.ru

УДК 504.064

**СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ВЫБРОСОВ НА ОСНОВЕ
МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ**

Работа выполнена в рамках темы НИР №623114 «Разработка и исследование принципов построения модели предиктивных систем контроля выбросов загрязняющих веществ в атмосферу в промышленности».

Ключевые слова

Предиктивные системы контроля выбросов.

Цели и задачи

Цель работы состоит в анализе подходов и методического обеспечения применения предиктивных систем контроля выбросов (ПСКВ) на промышленных предприятиях. Для достижения данной цели первоначально необходимо было проанализировать действующую в России нормативно-правовую и научно-техническую документацию, регламентирующую процессы автоматического контроля промышленных выбросов. На основе требований, выдвигаемых к автоматическому контролю выбросов, исследовать перспективный способ цифровизации данного процесса – внедрение предиктивных (прогностических) систем. В подкрепление представления о возможностях внедрения ПСКВ необходимо было перевести и изучить зарубежные спецификации и национальные стандарты в предметной области. В качестве объектов потенциального внедрения ПСКВ рассматривались преимущественно предприятия I и II категорий негативного воздействия на окружающую среду (НВОС). В рамках второго этапа исследования предстояло изучить принципы выбора технологических параметров, подлежащих производственному экологическому контролю (ПЭК), а также примеры применения математического моделирования технологических процессов. Завершающим этапом стал теоретический анализ проблем, возникающих при внедрении предиктивных систем контроля выбросов на основе математического моделирования.

Основная часть (методология, результаты)

Сегодня нормативно-правовая база в сфере контроля организованных источников промышленных выбросов представлена законами и актами, предъявляющими требования к установке систем автоматического контроля выбросов (САКВ). Данный тип систем перманентно обеспечивает предприятие информацией о фактических выбросах. В основе каждой системы находится дорогостоящий контрольно-измерительный комплекс, устанавливаемый на источнике выбросов или, в ряде случаев, на подводных газоходах. С 1 сентября 2024 вступает в силу постановление, обязывающее предприятия не только I, но и II категорий НВОС оснащать источники выбросов САКВ в случаях, если в выбросах содержатся вещества, подлежащие обязательному автоматическому контролю, в том числе приоритетные загрязняющие вещества. В ряде стран наблюдается устойчивый спрос на использование альтернативного типа систем, моделирующих данные о выбросах на основе технологических показателей процесса. В первую очередь он обусловлен признанием на законодательном уровне такого типа систем полноправным или дополнительным средством контроля выбросов стационарных источников. В России предиктивные методы контроля упоминаются только в качестве наилучшей доступной или перспективной технологии в ИТС 22.1-2021 [1]. К сильным сторонам ПСКВ относится фактор цифровизации производства, эргономичность и снижение затрат на установку, эксплуатацию и обслуживанием в сравнении с классическими САКВ.

В работе проанализированы технологические показатели, подлежащие обязательному автоматическому и производственному экологическому контролю. Если на предприятии уже осуществляется автоматический контроль, сопряжённый накоплением необходимых данных, то разработка математической модели процесса происходит на основе архивированных показателей. В ином случае может осуществляться дополнительный сбор информации или построение модели на основе уравнений технологического процесса. В обоих случаях показатели выбросов получают на основе установленных взаимосвязей между входными параметрами процесса и выходными данными о количественном и качественном составе выбросов. В последнем случае потенциалом к внедрению и апробированию таких систем обладают производства, для которых ключевыми с точки зрения воздействия на окружающую среду являются более простые процессы с известными и легко контролируруемыми параметрами (температурой, влажностью, давлением процесса, составом топлива и сырья).

В данной работе в качестве потенциальной сферы разработки ПСКВ предлагается энергоёмкий, высокотемпературный процесс варки стекла – общий для большинства крупных стекольных предприятий РФ. В соответствии со спецификой стекольного производства ряд НДТ производства стекла направлен на контроль и регулирование температурного режима стекловарения в том числе, с помощью сводовых и донных термопар, систем автоматического регулирования параметров стекловарения и других методов [2].

Внедрение ПСКВ стоит рассматривать, как перспективную альтернативу САКВ, и на данный момент, конкурентное дополнение, разрабатываемое с целью контроля конкретных источников и этапов. Универсальная принципиальная схема получения данных от обеих систем представлена на рисунке ниже.

В зависимости от сложности технологического этапа в среднем используется массив данных от 10 до 20 параметров, но не менее 3.

В случае варки стекла в стекловаренных печах, на наиболее вредных сточки зрения НВОС этапах завязаны ещё и технологические показатели энерго- и ресурсоэффективности данного процесса (удельный расход энергии, время пребывания стекла в печи и т.д.).

Впоследствии при получении смоделированных значений показателей выбросов возможно обеспечить автоматический расчёт индикативных показателей удельных выбросов парниковых газов, что в совокупности повышает конкурентоспособность ПСКВ, не только с экономической точки зрения.

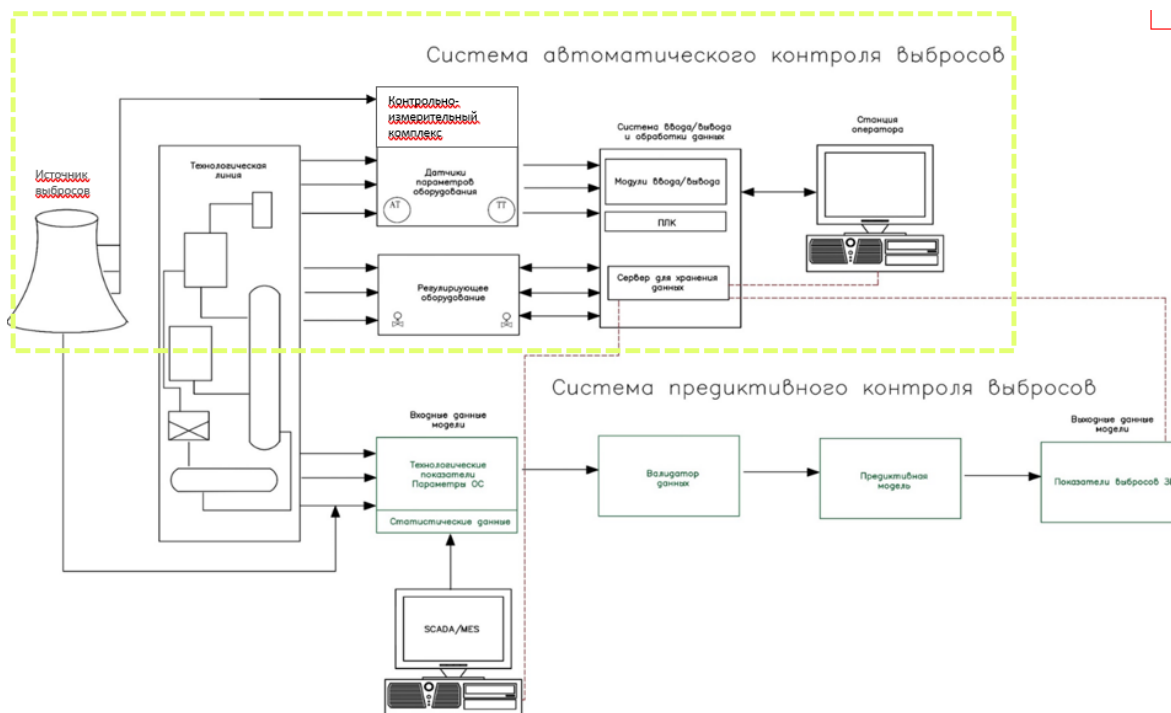


Рисунок. Принципиальная схема получения данных от САКВ и ПСКВ

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В ходе работы были рассмотрены два подхода к организации контроля промышленных выбросов – автоматический и предиктивный. Автоматизация систем контроля предприятия является одним из ключевых механизмов эффективного управления процессами охраны окружающей среды, как с точки зрения национального проекта «Чистый воздух», так и с точки зрения общей тенденции к цифровизации предприятий в рамках переход к концепции «Индустрии 4.0». При разработке стандартов эксплуатации ПСКВ стоит обобщить и учесть отраслевой опыт организации автоматического контроля технологических параметров и промышленных выбросов. При разработке и внедрении систем автоматического или предиктивного контроля выбросов необходимо учитывать перспективу их взаимной интеграции для получения единого информационного пространства.

Перспективным направлением использования ПСКВ, является применение их для контроля выбросов приоритетных загрязняющих веществ и «парниковых» газов. При том, как для конкретных предприятий, так и для квотирования выбросов между предприятиями и регионами.

В дальнейшей работе планируется построение модели предиктивной системы контроля выбросов для процесса производства стекла.

Список использованных источников

1. "ИТС 22.1-2021. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям. Общие принципы производственного экологического контроля и его метрологического обеспечения". [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://burondt.ru/NDT/NDTDocsDetail.php?UrlId=1647&etkstructure_id=1872 (дата обращения: 27.05.2024).
2. ИТС 5-2022 Производство стекла. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://burondt.ru/NDT/NDTDocsDetail.php?UrlId=1838&etkstructure_id=1872 (дата обращения: 27.05.2024).

Выпускник

Разина Ирина Ивановна
факультет экотехнологий
e-mail: daith@inbox.ru

Научный руководитель

Сучкова Елена Павловна
к.т.н., доцент факультета экотехнологий
e-mail: epsuchkova@itmo.ru

УДК 663.051

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ ПЕРЕРАБОТКИ ГРИБОВ
В ПРОИЗВОДСТВЕ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ**

Ключевые слова

Отходы грибного производства, лисички обыкновенные, соус, разработка рецептур, сметана, сливки, аквафаба, тофу.

Цели и задачи

Увеличение населения ведет к росту спроса на белок, необходимый для здорового функционирования организма. Для снижения нагрузки на сектор животноводства можно диверсифицировать источник получения белка на животный и растительный, соблюдая необходимый баланс. При этом, согласно прогнозам, мировое производство мяса будет увеличиваться [1], что связано как с ростом населения, так и ростом экономики. Производство мяса имеет ряд недостатков, включая дороговизну, экологический урон и потребность в больших территориях для разведения скота, что ведет к обезлесению, эрозии почвы и значительным водным затратам. Производство мяса также имеет значительный углеродный след из-за логистики, причастно к формированию резистентности к антибиотикам и связано с тяжёлыми условиями работы. Без существенных изменений данная отрасль экономики продолжит наносить вред всем вовлечённым сторонам прямо или косвенно, но при этом смена текущей парадигмы займёт много времени.

Безусловно, существуют более инновационные способы производства белка, например, «мясо из пробирки», употребление в пищу протеина из насекомых или стейка из питона, но, к сожалению, при своих плюсах: этических и экологических, на данный момент это может быть для общества слишком инновационно – как употребление насекомых в пищу или слишком дорого – как мясо из пробирки.

Растительные же источники белка представлены разнообразными группами и даже царствами, а именно: бобовые, цельнозерновые продукты, орехи и семена, водоросли и грибы. Каждая из этих групп имеет преимущества перед другими, например, соя из бобовых обладает очень высокой усвояемостью, орехи и семена богаты витаминами и минералами, и их небольшого количества хватит для удовлетворения суточной нормы, водоросли хороший источник йода, а грибы вообще называют «растительным мясом». Тем не менее, у растительных источников белка перед животным есть значительный недостаток – отсутствие

или незначительное содержание витамина B12. Это можно разрешить только введением в рацион животного белка или употреблением растительных продуктов, обогащённых витамином.

Для данной работы наибольший интерес представляют грибы, а именно их отходы – деформированные плодовые тела или их части, которые не подходят для самостоятельной продажи потребителям из-за наличия внешних дефектов: цвета, размера или формы. Интерес к такому объекту обусловлен растущим сектором грибоводства [2], а, как следствие, увеличивающимся количеством отходов, а также то, что отходы такого типа возможно использовать в пищу. Конечно, раньше такие отходы также не выбрасывались, а использовались на такие нужды как: кормовые, компостирование, производство биогаза или удобрений для почвы, экстракцию биологически активных соединений или для производства упаковочных материалов. Но, согласно данным на рисунке Агентства по охране окружающей среды США, наилучший способ – это вовлечение их вновь в пищу [3], что также соответствует экономике замкнутого цикла.



Рисунок. Иерархия обращения с пищевыми отходами, согласно АООС США

Таким образом, решая задачу вовлечения отходов в пищу вновь, можно снизить себестоимость готового продукта. Кроме того, использование грибных отходов может помочь повысить количество белка в пище.

Основная часть (методология, результаты)

Автором было принято решение разработать соусы с использованием отходов грибов, а именно лисичек обыкновенных. Соус, как конечный продукт был выбран из-за того, что он является дополнением к основному блюду, вариативность которых достаточно большая, тем самым увеличивается целевая аудитория. Рынок соусов в России в последние годы растёт – потребитель заинтересован в новом продукте [4]. Тем более, что разработанный продукт выгодно отличается от конкурентов, поскольку в основе имеет менее распространённые ингредиенты.

При разработке рецептуры, единственным изменяющимся фактором была именно основа. Вариаций основ было четыре: сливки или сметана, аквафаба и тофу. Размер частиц отходов грибов был выбран от менее 1 мм до 5 мм, так как при таком условии смесь становится однородного цвета и вкуса, а более крупные частицы демонстрируют потребителям заявленный продукт в составе. В первой серии экспериментов было изготовлено два образца

на основе сметаны и сливок с закваской. Но конечный продукт показал себя кинетически неустойчивым. После чего рецептура была изменена – был добавлен эмульгатор – лецитин. Вследствие чего продукт стал устойчивым. Так же был заменён стабилизатор с агар-агара на ксантановую камедь для снижения себестоимости. Следующая основа – это аквафаба. Аквафаба представляет собой отвар бобовых, который в промышленных масштабах образуется при производстве консервированных бобовых, имеет очень хорошие пенообразующие свойства, может быть растительным аналогом яйца. В её составе много углеводов и белка. Заготавливалась композиционная основа при помощи взбивания аквафабы с растительным рафинированным маслом в пропорции 1:1, до образования пышной белой устойчивой пены. Были заготовлены два образца, в один из которых добавлена закваска. О конечной продукции на основе из композиции с аквафабой можно сказать, что закваска не повлияла на продукт, органолептика высокая, но содержит много жиров в составе из-за растительного масла в составе. Четвёртая основа – тофу. Тофу — это пищевой продукт из соевых бобов, а значит его усвояемость очень хороша. Также было заготовлено два образца – в один добавлена закваска, и она также не повлияла на вкус продукта. Наиболее значимым минусом у образцов на основе тофу стал вкус. В сочетании с лисичками соус получается горьковатым. Поэтому для дальнейшей работы и анализа эти образцы не использовались.

Таким образом, конечным результатом работы стали 3 рецептуры соуса на основе из сметаны, сливок с закваской и аквафабы с добавлением отходов лисичек обыкновенных, представленные в таблице 1.

Таблица 1. Рецептуры образцов соусов с наполнителем из отходов грибов

Ингредиент	Образец на сметане	Образец на сливках	Образец на аквафабе
Грибной порошок и частицы до 5 мм, г	8,97	8,89	8,97
Соль пищевая, г	0,45	0,44	0,45
Перец чёрный молотый, г	0,45	0,44	0,45
Чеснок сушёный молотый, г	0,45	0,44	0,45
Сметана 15%, г	89,69	-	-
Сливки 10% нормализованные, мл	-	88,89	-
Закваска LC D17, г	-	0,89	-
Масло подсолнечное рафинированное, мл	-	-	44,84
Аквафаба сублимированная, г	-	-	4,84
Вода питьевая, мл	-	-	40,00

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

После разработки рецептур, выработки готового продукта и его анализа были установлены референсные значения физико-химических и органолептических показателей для соуса с наполнителем из отходов лисичек обыкновенных на основе из сметаны или сливок и аквафабы в таблице 2.

В качестве главного вектора дальнейшей работы автор видит использование грибных отходов для изготовления более сложного многокомпонентного продукта – аналога мяса, по внешним и питательным характеристикам. Готовый продукт может стать конкурентом уже производимому альтернативному мясу от компаний Beyond Meat и Impossible Foods за счёт снижения себестоимости на сырьё для производства.

Таблица 2. Референсные значения для готового продукта

Показатель	Значение для соуса на основе из сметаны или сливок	Значение для соуса на основе из аквафабы
Вкус	от кремового до кисловатого, сливочного, грибного	от кисловатого до жирного, грибного
Цвет	от белого до желтовато-белого, светло-жёлтого, глянцевого	от полупрозрачно-белого до желтовато-белого, глянцевого
Запах	от сливочно-кисловатого до ярко выраженного грибного	от сливочно-кисловатого до ярко выраженного грибного
Консистенция	от средне-жидкого до средне-густого с кусочками грибов	от средне-вязкого до средне-густого с кусочками грибов
Массовая доля влаги, %	40 ± 2	25 ± 2
Белки, г (на 100 г соуса)	не менее 3	не менее 3
Жиры, г (на 100 г соуса)	не более 15	не более 45
Углеводы, г (на 100 г соуса)	не менее 5	не менее 7
pH	4,88 ± 0,5	5,67 ± 0,5
Кислотность, °Т	76 ± 1	25 ± 1

Список использованных источников

1. The State of Food and Agriculture 2020. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/1b81c481-e008-4b16-a852-38510ab1977a/content> (дата обращения: 08.05.2024).
2. Грибной бум: обзор стартапов по производству и переработке грибов. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://vc.ru/flood/719448-gribnoy-bum-obzor-startapov-po-proizvodstvu-i-pererabotke-gribov> (дата обращения: 15.06.2023).
3. Sustainable Management of Food: Wasted Food Scale. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.epa.gov/sustainable-management-food/wasted-food-scale> (дата обращения: 13.05.2024).
4. Канал СОЮЗНАБ — пищевые ингредиенты в Дзен. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://dzen.ru/a/XX-bTV7jTwCsgEuE> (дата обращения: 13.06.2023).

Выпускник

Резаева Мария Александровна

факультет систем управления и робототехники

e-mail: mrezaeva@list.ru

Научный руководитель

Демидова Галина Львовна

к.т.н., доцент факультета систем управления и робототехники

e-mail: demidova@itmo.ru

УДК 621.31

**РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ
ПОТОКАМИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ПРИМЕРЕ УМНОГО ДОМА**

Ключевые слова

Дом с нулевым электропотреблением, цифровой двойник, мультиагентные системы управления, энергосбережение, энергоэффективность, интеллектуальный алгоритм.

Цели и задачи

К 2060 году планируется сокращение выбросов парниковых газов на 60%. Достичь этого возможно многими способами: переходом на возобновляемые источники электроэнергии, установкой энергосберегающего оборудования, а также изменением графика потребления электроэнергии. В связи с этим сейчас активно развиваются технологии, которые позволят сделать здания и сооружения более энергоэффективными. Существующие решения проблемы электропотребления не способны эффективно управлять различными источниками генерации и эффективно управлять нагрузками [1].

Поэтому цель данной работы заключается в разработке адаптивного алгоритма интеллектуального управления системой электроснабжения сооружения на основе концепции мультиагентной системы управления.

Задачами в данной работе являются:

1. Построение 3D-модели школы и моделирование параметров электропотребления.
2. Анализ графика потребления электроэнергии за полгода.
3. Разработка алгоритма мультиагентной системы управления дома с нулевым электропотреблением.
4. Моделирование энергетической системы школы с учетом полученных данных при работе алгоритма.
5. Сравнение графиков электропотребления до и после применения алгоритма и оценка эффективности.
6. Разработка интерфейса мобильного приложения и программного обеспечения для контроля электропотребления.

Основная часть (методология, результаты)

Школы являются объектами с достаточно высоким электропотреблением, затраты на электроснабжение составляют около 50% от общих финансовых затрат на топливно-энергетические ресурсы. Поэтому в качестве объекта внедрения выбрана MAOY «СОШ №17» г. Долгопрудный Московской области.

Для того чтобы оценить потребление электроэнергии школы, необходимо смоделировать здание. Моделирование производилось в программе OpenStudio. Для наглядности результатов моделирования график электропотребления представлен за полгода и на нем отображено электропотребление в весенний, зимний и летний периоды в выходные и рабочие дни (рис. 1).

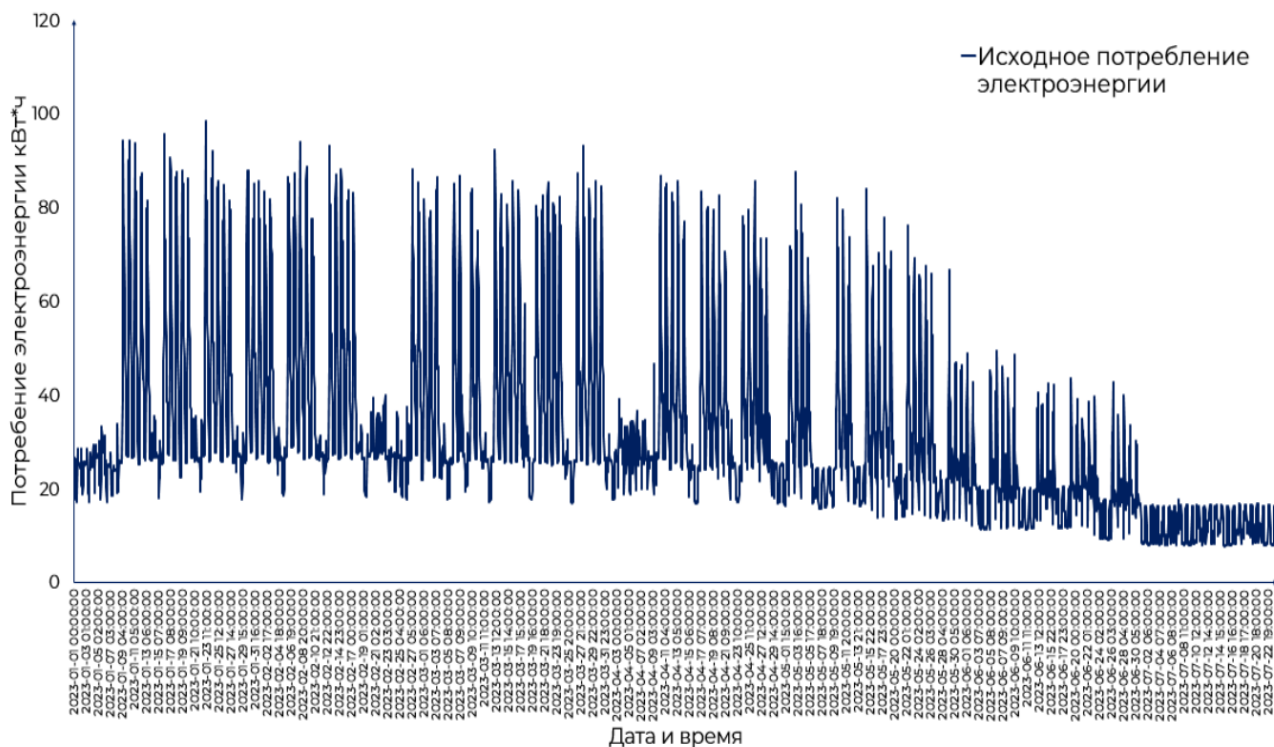


Рис. 1. График потребления электроэнергии за 6 месяцев

Мультиагентная система управления представляет собой интеллектуальное управление потоками электроэнергии на основе идеи достижения консенсуса между агентами, где агент – это единица, которая принимает воздействие из окружающей среды, обрабатывает его в соответствии с заложенным алгоритмом и выдает ответную реакцию в виде управляющего сигнала [2].

В данной работе агентами являются: время, потребители, генерирующие источники (сеть, солнечная панель и накопитель электроэнергии). Стоит отметить, что разработанный алгоритм должен комбинировать несинхронные источники генерации и обеспечивать бесперебойное электроснабжение, а также работать в различных режимах работы: нормальном, режиме допустимых отклонений и в режиме аварийных отклонений.

Алгоритм по управлению нагрузками представлен на рисунке 2.

Программирование производилось в программной среде NodeRed.

При запуске программы каждый агент регистрируется в системе и начинает участие в процессе электропотребления. Результаты потребления электроэнергии из сети представлены на рисунке 3.

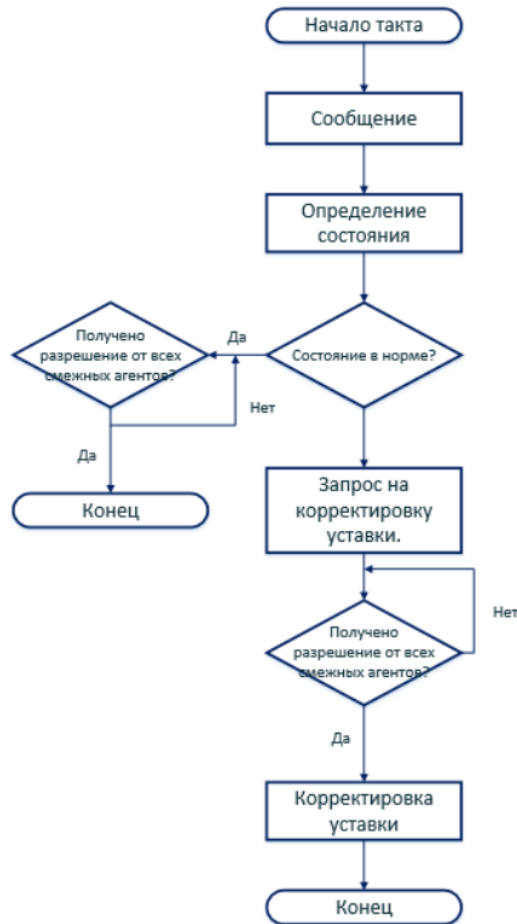


Рис. 2. Алгоритм интеллектуального управления нагрузками

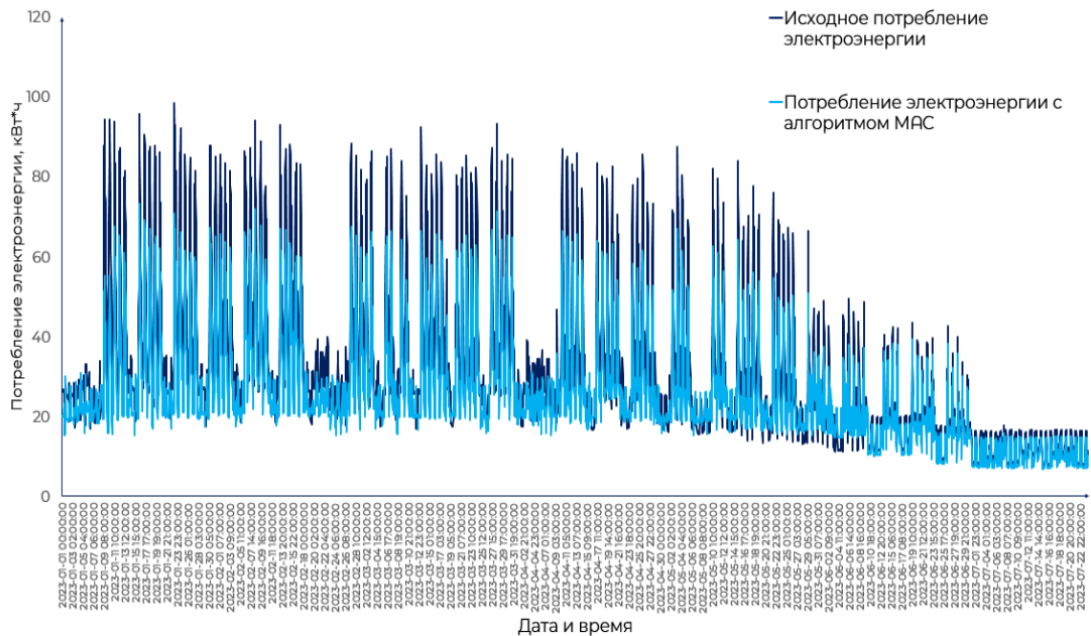


Рис. 3. График потребление электроэнергии из сети с учетом мультиагентного управления

В результате потребление электроэнергии сократилось на 20%.

Также в данной работе был разработан UI/UX дизайн в программе Figma для мобильного приложения для учителей и ПО для администрации школы. Основными критериями являются: простота в использовании и достаточность контролируемых параметров.



Рис. 4. Макет ПО и мобильного приложения

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В данной выпускной квалификационной работе проведено энергомоделирование здания школы, в результате которого получены данные по электропотреблению здания.

Разработан алгоритм мультиагентной системы управления, основанный на идее консенсуса, который позволил сократить электропотребление на 18% за счет эффективного управления нагрузками здания, комбинации различных источников электроэнергии.

Также предложена визуализация проекта в виде мобильного приложения для учителей школы и программного обеспечения для администрации и обслуживающего персонала.

В дальнейшем планируется реализация алгоритма на физической модели и разработка интерфейса приложения до готового продукта.

Список использованных источников

1. Astrakhantseva I., Astrakhantsev R., Los A. Cryptocurrency fraud schemes analysis. SHS Web of Conferences: III International Scientific and Practical Conference. Yekaterinburg: EDP Sciences. 2021. P. 02001. DOI: 10.1051/shsconf/202110602001.
2. Фокин С.А., Ксенофонтова О.Л. Блокчейнтехнологии: возможности и перспективы внедрения в разные сферы экономики // Сборник научных трудов вузов России "Проблемы экономики, финансов и управления производством". – 2021. – №. 48. – С. 122–125.
3. СанПиН 2.2.4.548-96. 2.2.4. Физические факторы производственной среды. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. Санитарные правила и нормы.

Выпускник

Рыбкин Ян Сергеевич

факультет инфокоммуникационных технологий
e-mail: 371637@edu.itmo.ru

Научный руководитель

Осипов Никита Алексеевич

к.т.н., доцент факультета инфокоммуникационных технологий
e-mail: naosipov@itmo.ru

УДК 004.9

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АЛГОРИТМОВ
ПРЕДСКАЗАТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА И РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫХ
СИСТЕМ В СЕРВИСЕ МАЙНИНГА ЦИФРОВЫХ ВАЛЮТ**

Ключевые слова

Цифровая валюта, рекомендация, предсказание, анализ, сервис агрегации.

Основная часть (методология, результаты)

Использование цифровых валют стало популярным еще 10 лет назад и на данный момент является частью жизни почти каждого современного человека. Многие страны, включая США, Канаду, большую часть стран Европейского Союза, а также некоторые страны СНГ, уже закрепили цифровые валюты на законодательном уровне. В России также наблюдается интерес к цифровым валютам, с учетом хранения более, чем 10 триллионов рублей на цифровых кошельках россиян к 2022 году.

В последние годы наблюдается значительный рост интереса к “доходным” цифровым валютам, таким как Биткоин, Эфириум и другим, что привело к интенсивному развитию соответствующего инфраструктурного блока – майнинга. Майнинг представляет собой процесс создания новых цифровых валютных единиц и поддержки функционирования блокчейн-системы, схема представлена на рисунке 1. Однако, с постоянным ростом сложности сети, появлением новых монет и конкуренцией в сфере майнинга, требуются новые подходы и технологии для повышения эффективности этого процесса [1].

В ходе работы были изучены предлагаемые исследователями методики анализа характеристик майнинга, а также оценены существующие на рынке решения для интеллектуализации процессов майнинга. На основании полученных выводов были сформулированы основные пути для дальнейшего исследования – поиск алгоритмов предсказательного анализа для разработки мобильного сервиса анализа данных процессов майнинга.

Следующей задачей ставился поиск подходящего по критериям алгоритма предсказательного анализа. Эти критерии включали компактность алгоритма для использования на мобильных устройствах, а также оптимальное соотношение точности, времени обучения и предсказания.

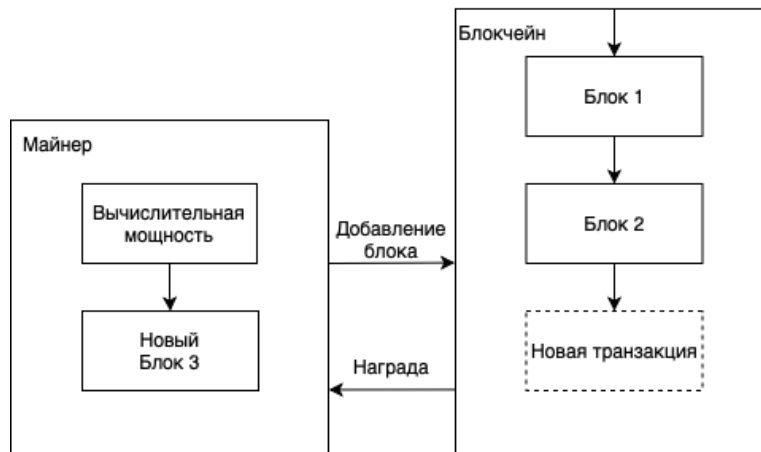


Рис. 1. Схема процесса майнинга

По результатам работы был определен автоматический алгоритм моделирования характеристик майнинга (рис. 2) на основании объема, цены, мощности и сложности, с целью предсказания их курсов на среднесрочный период – модель PMDArima, которую можно встроить в сервис анализа. И, хотя аппроксимация модели получилась посредственной, вследствие наличия шумов [2] – среднее отклонение временных рядов около 20% (рис. 3), ее точность по MAE и MSE и время работы являлась самым высоким соотношением среди всех моделей в рамках исследования.



Рис. 2. Характеристики монеты BTC



Рис. 3. Процентное отклонение BTC

Следующая часть работы была посвящена разработке алгоритма рекомендательной системы. В рамках работы была определена архитектура алгоритма (рис. 4), сочетающая в себе алгоритм предсказания и модуль оптимизации. Была выбрана наиболее подходящая по критериям модель – RNN LSTM в исполнении Keras, способная моделировать доходность монеты по нескольким характеристикам майнинга, а также использование коэффициента Шарпа для оптимизации доходности при наличии волатильности. Модель была обучена на 40 эпохах, с использованием оптимизатора Adam и метрики MAE.

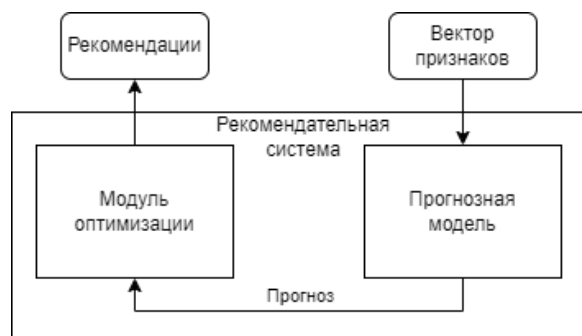


Рис. 4. Общая структура алгоритма рекомендации монет

Задача рекомендации была сведена к экономической задаче оптимизации портфеля инвестиций:

$$S(x) = \frac{\omega_i P_i}{\sigma_i}, S(x) \rightarrow \max,$$

$$\sum_{i=1}^n \omega_i = 1, \sigma \leq 0,2.$$

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

Таким образом, разработанный алгоритм рекомендует монеты для майнинга исходя из ее доходности и волатильности курса, рассчитанного как СКО цены.

Далее разработанные модели собирались в единый сервис анализа данных цифровых валют. В рамках работы были сформулированы требования к сервису, критерии оценки сервиса, а также его проектирование и разработка. Данный сервис был разработан на мобильной платформе iOS, использует современные дизайнерские и архитектурные подходы – MVVM, SwiftUI, CoreData в качестве хранилища и реактивное программирование. Архитектура сервиса является двухуровневой, поскольку алгоритм рекомендации монет для майнинга был расположен на сервере Firebase, рисунки 5, 6.

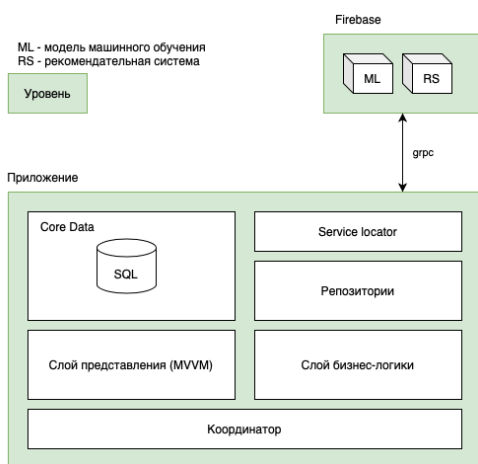


Рис. 5. Общая структура архитектуры сервиса

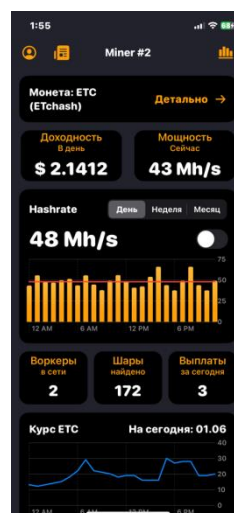


Рис. 6. Главный экран сервиса

Стоит отметить перспективы развития сервиса: расширение источников данных – например показ актуальных новостей мира цифровых валют. Также для улучшения пользовательского опыта можно рассмотреть разгрузку главного экрана приложения на отдельные экраны. В том числе, необходимо следить за изменениями в законодательстве по мере легализации майнинга с целью его соблюдения.

В целом, данное исследование обладает значительным потенциалом и может продолжать свое развитие в различных направлениях, способствуя росту доходности добычи цифровых валют.

Список использованных источников

1. Ghimire S. Analysis of bitcoin cryptocurrency and its mining techniques : дис. – University of Nevada, Las Vegas, 2019. – 76 p.
2. Pereira P.J. et al. A comparison of automated time series forecasting tools for smart cities // EPIA Conference on Artificial Intelligence. – Cham : Springer International Publishing, 2022. – Pp. 551–562.

Выпускник

Самойлова Александра Сергеевна
факультет экотехнологий
e-mail: aleksa.samoylova@yandex.ru

Научный руководитель

Рахманов Юрий Алексеевич
доцент, к.т.н., доцент факультета экотехнологий
e-mail: jarahmanov@itmo.ru

УДК 504.06

**ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА НАИЛУЧШИХ ДОСТУПНЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ ВЫБРОСОВ ЛЕТУЧИХ
ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ**

Ключевые слова

ЛОС, загрязнение атмосферы, адсорбция, термическое окисление, каталитическое окисление, ОЖЦ технологий.

Цели и задачи

В современном мире серьезной проблемой для человечества является загрязнение окружающей среды, вследствие которого возникают значительные изменения в поведении экосистем, происходит утрата биоразнообразия, а у людей, подвергающихся воздействию загрязнителей, появляются различные заболевания. Загрязнители, влияющие на качество воздуха, включают летучие органические соединения (ЛОС), которые попадают в атмосферу в результате антропогенной или биогенной деятельности. Цель ВКР заключается в обосновании выбора технологии очистки газовых выбросов от ЛОС путем проведения анализа экологических аспектов технологий термического и каталитического окисления на основе концепции жизненного цикла и определения затрат. Задачи, решаемые в ВКР, включают в себя анализ способов классификации ЛОС, основных аспектов выбросов ЛОС на примере предприятия по обжарке кофе; рассмотрение теоретических основ методов утилизации выбросов ЛОС, выделение их преимуществ и недостатков; выбор возможных сценариев для утилизации газоздушных выбросов и проведение технологического расчета на основании данных о составе выбросов; сравнение выбранных сценариев путем оценки воздействия жизненного цикла; определение инвестиционных и эксплуатационных затрат, необходимых для внедрения рассматриваемых методов очистки.

Основная часть (методология, результаты)

В работе рассматривается большая группа загрязнителей атмосферы – летучие органические соединения. ЛОС представляют собой органические химические соединения, которые легко испаряются и попадают в окружающую среду при нормальных условиях. Такие соединения обладают повышенной летучестью и устойчивостью к разложению, что позволяет им находиться в атмосфере длительное время, они могут переноситься на большие расстояния в окружающей среде, вследствие чего возникают различные экологические проблемы: разрушение озонового слоя, образование приземного озона, изменение климата и другие. Кроме того, ЛОС способны негативно влиять на здоровье и организм человека, поскольку многие из них: они канцерогенны и могут нанести вред коже, нервной системе, глазам и другим органам, а также быть причиной возникновения неприятных запахов [1]. В России за последние годы было зафиксировано значительное количество жалоб граждан, связанных с неприятными запахами от кофейных предприятий. Это связано с тем, что на этапе обжарки зерен образуется значительное количество ЛОС, а существующие системы очистки недостаточно эффективны. В литературе встречается классификация по температурам кипения и по потенциалу образования озона.

В представленной работе анализируются технологии утилизации газовоздушных выбросов, загрязненных летучими органическими соединениями, с учетом их технологических параметров, преимуществ и недостатков. Необходимо отметить, что упомянутые методы, а именно адсорбция, абсорбция, биофильтрация, а также термическое и каталитическое окисление находят широкое применение в промышленности. Наиболее надежными и часто используемыми методами обезвреживания ЛОС, доступными на сегодняшний день, являются процессы термического и каталитического окисления, так как они представляют собой окончательный метод утилизации, поскольку горючие соединения в отходящем газе разлагаются на углекислый газ и воду, а не собираются. При выполнении литературного обзора проанализированы два основных вида систем рекуперации тепла для снижения энергопотребления термоокислителей: регенеративные и рекуперативные [2]. Также изучены основные типы катализаторов, применяемых в ходе процесса каталитического окисления, и рассмотрены зарубежные и российские компании – поставщики катализаторов и оборудования («Haldor-Topsøe», «Catalytic Combustion», Редкинский катализаторный завод, «Chemisch Thermische Prozesstechnik GmbH», «Безопасные технологии», ИЦ «Технохим», «Plazkat») [3].

На основании данных о составе газовоздушных выбросов, образующихся на предприятии по обжарке кофе, проводится технологический расчет нескольких способов окисления загрязняющих веществ, блок-схемы которых приведены на рисунке 1:

- а) термическое окисление при 900°C в топке без рекуперации тепла (ТОб/р);
- б) термическое окисление при 900°C в топке с рекуперацией тепла (ТОр);
- в) каталитическое окисление при 400°C в реакторе, с предварительным подогревом природным газом (КОпг) и рекуперацией тепла;
- г) каталитическое окисление при 400°C в реакторе с предварительным электроподогревом (КОэ) и рекуперацией тепла.

Для вышеуказанных технологий были рассчитаны требуемые ресурсы, необходимые для их осуществления, а именно: расход вспомогательного топлива, размеры камеры сгорания, каталитического реактора, масса катализатора, металлоемкость конструкций и подобрано вспомогательное оборудование: горелочное устройство, трубчатые электронагреватели (ТЭНы), вентилятор; результаты сведены в таблице 1.

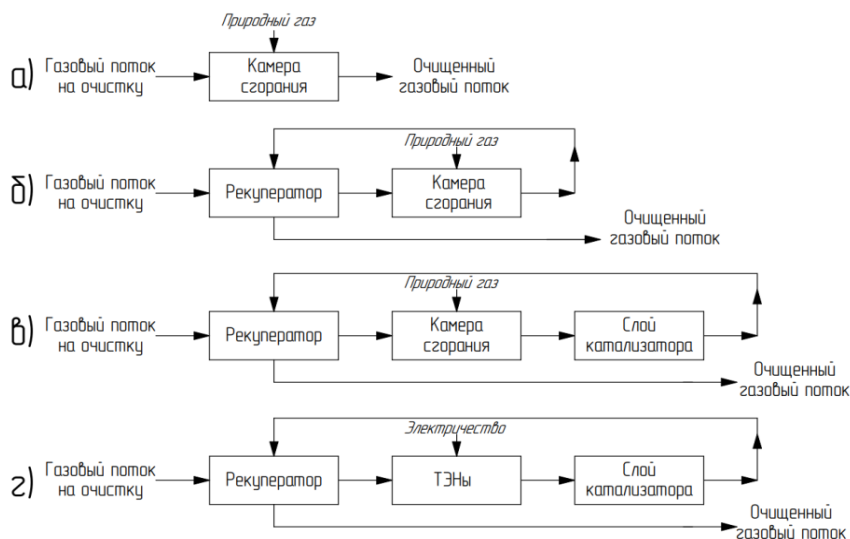


Рис. 1. Рассматриваемые сценарии очистки

Таблица 1. Требуемые ресурсы для рассматриваемых сценариев очистки

Наименование	ТОб/р	ТОр	КОпг	КОэ
Расход топлива, м ³ /с	0,03	0,009	0,003	-
Размеры зоны подогрева, м	D _{к.с.} =1,5; l _{к.с.} =3,1	D _{к.с.} =1; l _{к.с.} =2,15	D _{к.с.} =0,8; l _{к.с.} =1,7	0,65x0,65x0,1
Размеры кат. реактора, м	-	-	D _{кат.р-ра} =0,7; l _{кат.р-ра} =1,28	
Катализатор: Тип (состав) Толщина слоя, м; Масса, кг	-	-	PK-504 (0,05% Pd на Al ₂ O ₃) h _{кат.слоя} = 0,71 м; m _{кат} = 224кг	
Теплообменник (Регенератор «ОРМА»)	-	256 тр. 25x1мм; L _{акт} =1,5 м F=111м ² ; M _{ме} =2289 кг	160 трубок 25x1мм; L _{акт} =1,2 м F=55,5м ² ; M _{ме} =1387 кг	
∑Метал-ть, т (нерж. сталь)	1,191	2,91	1,814	1,667
Изоляция: мин вата, кг оцинков. лист, кг	59,4 38	56,6 104	30 63,2	20 54
Горелочное устройство	Lamborghini LMB G 1000 (BC)	Lamborghini LMB G 450	Lamborghini EM 16-E D3	-
ТЭНы	-	-	-	18 шт, P _{одн} =6кВт
Расч. сопр. сети, м вод. ст.	0,143	0,202	0,294	0,286
N в-ра, кВт (BP200№ 4,5)	1,7 кВт	2,33 кВт	3,4 кВт	3,3 кВт

Для сравнения вышеупомянутых технологий утилизации выбросов летучих органических соединений применяется метод оценки жизненного цикла (ОЖЦ). В ходе ОЖЦ проводится анализ и оценка экологических показателей производства и эксплуатации сценариев термической и каталитической очистки на этапах их проектирования и эксплуатации, чтобы обеспечить инструмент поддержки принятия решений при выборе новых и модернизации существующих систем утилизации выбросов ЛОС на предприятиях. Модель оценки ReCiPe 2016 Midpoint (H) V1.08 / World (2010) H применялась для расчета по следующим категориям воздействия: изменение климата (т CO₂-экв.); разрушение озонового

слоя (кг CFC11-экв.); образование фотохимических окислителей (кг NOx-экв.); закисление (кг SO₂-экв.); эвтрофикация (кг P-экв.); токсичность для человека (т 1,4 DCB – экв.) [4].

Воздействие по выбранным категориям рассчитывалось отдельно для этапов производства и эксплуатации для каждой технологии. На этапе производства рассматривались процессы производства окислителя, регенератора и катализатора. Работы по металлу учитывались на основании его количества. Прочие процессы, а именно: производство горелки, вентилятора, изоляции и упаковочных материалов, а также транспортировка оборудования были объединены в категорию данных «Другое». Общее воздействие на этапе эксплуатации рассматривалось как совокупность воздействий от потребления топлива (природного газа), электроэнергии и выбросов отходящих газов.

В ходе интерпретации результатов ОЖЦ было выявлено, что технологии ТОр и КОпг оказывают наименьшее влияние по выбранным категориям воздействия на стадиях производства и эксплуатации, как видно из лепестковой диаграммы на рисунке 2. Значительное влияние термических технологий утилизации ЛОС (ТОб/р и ТОр) на изменение климата обусловлено, прежде всего, высоким расходом вспомогательного топлива (природного газа), и, как следствие, выделения большого количества CO₂ – его продукта сгорания. Технология КОэ обладает наибольшей токсичностью для человека и значительными потенциалами разрушения озонового слоя и эвтрофикации, что обусловлено высоким потреблением электроэнергии и катализатора, активный компонент которого является драгоценным металлом.

Относительный вклад по категориям воздействия для разных сценариев

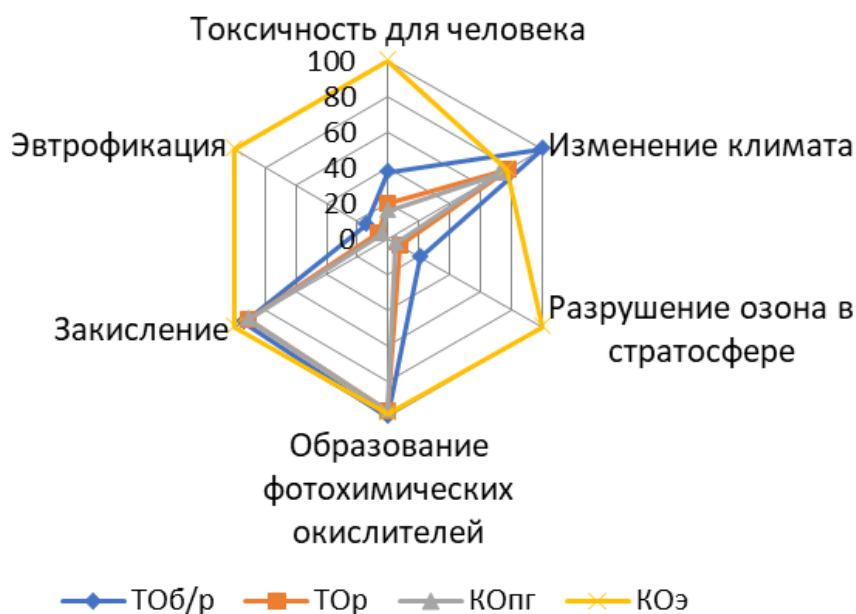


Рис. 2. Диаграмма для сравнения относительного вклада по категориям воздействия для рассматриваемых сценариев

Кроме того, были определены инвестиционные затраты (I_0), эксплуатационные затраты S_0 , дисконтированные затраты S , дисконтированные удельные затраты Суд., приведенные затраты Пр.З и приведенные удельные затраты Пр.З. уд для внедрения рассмотренных сценариев очистки выбросов от ЛОС [5]. Согласно результатам, представленным в таблице 2, наименьшими удельными затратами на обработку 1 тонны выбросов, содержащих ЛОС, обладает технология каталитического окисления с предварительным подогревом природным газом, а, следовательно, она является наиболее экономически выгодной.

Таблица 2. Сравнительная оценка затрат на реализацию технологий

Показатель затрат	Технология			
	ТОб/р	ТОр	КОпг	КОэ
I ₀ , тыс. руб.	4212,811	10052,576	8158,084	7627,763
C ₀ , тыс. руб.	5699,783	2705,413	1738,146	6032,196
C, тыс. руб.	47859,184	30864,347	26716,104	59248,493
C уд., тыс. руб./т	12,414	8,006	6,930	15,368
Пр.З, тыс. руб.	5994,679	3409,094	2309,212	6566,139
Пр.З. уд., тыс. руб./т	23,324	13,264	8,985	25,547

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В ходе работы была рассмотрены типы классификации ЛОС, основных причин и последствий выбросов ЛОС в атмосферу; проведено сравнение преимуществ и недостатков методов утилизации ЛОС на основании рассмотрения теоретических основ технологий и литературного обзора о применении данных технологий в промышленности; рассчитаны требуемые ресурсы для осуществления технологий термического и каталитического окисления выбросов ЛОС с кофейного предприятия. Научная новизна работы заключается в применении концепции оценки жизненного цикла для выбора наилучшей доступной технологии для очистки выбросов летучих органических соединений. Кроме того, в работе приводятся результаты определения основных видов затрат для внедрения вышеуказанных технологий.

В дальнейшей работе планируется применение ОЖЦ для более подробного изучения отдельных процессов для проектирования наиболее экологически безопасного оборудования и вспомогательных материалов для очистки выбросов от ЛОС.

Список использованных источников

1. Montero-Montoya R. Volatile Organic Compounds in Air: Sources, Distribution, Exposure and Associated Illnesses in Children // *Ann Glob Health*. – 2018. – Vol. 2. – №. 84. – Pp. 225–238.
2. Марченко А.В. Экологически эффективные ресурсосберегающие технологии вентилирования и очистки выбросов при производстве лакокрасочных материалов // *Энергосбережение в городском хозяйстве, энергетике, промышленности седьмая международная научно-техническая конференция: сборник научных трудов. Том 2.* – Ульяновск : Ульяновский государственный технический университет. – 2017. – С. 7–20.
3. Zhang Z. Low-temperature catalysis for VOCs removal in technology and application: A state-of-the-art review // *Catalysis Today*. – 2016. – №. 264. – Pp. 270–278.
4. Оценка жизненного цикла продукции. Электронный учебно-методический комплекс / И.А. Басалай, О.И. Родькин, Е.В. Зеленухо. – Минск: БНТУ, 2021. – 236 с.
5. Наилучшие доступные технологии и организация экологически более чистого производства. Учебное пособие / О.И. Сергиенко., В.А. Савоскула, А.С. Павлова – Санкт-Петербург: Университет ИТМО, 2018. – 36 с.

Выпускник

Сауков Павел Александрович

институт прикладных компьютерных наук,
e-mail: shadyand@yandex.ru

Научный руководитель

Кикин Павел Михайлович

к.т.н., доцент институт прикладных компьютерных наук

УДК 004.891.2

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ВЫЯВЛЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ
ИЛИ СИНТЕЗА ГОЛОСА В АУДИОЗАПИСЯХ НА ОСНОВЕ
ГЛУБОКОГО МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ**

Ключевые слова

Дипфейк, биометрическая идентификация, обнаружение голосового синтеза, обработка аудио.

Цели и задачи

Стремительное развитие методов генерации различных типов данных – текста, изображений, аудио – помимо положительного эффекта, также создает новые риски и угрозы недобросовестного использования таких технологий. Мошенники придумывают новые способы использования личных данных и генеративных моделей. Чем удобнее и проще становится технология, тем более массово она может быть использована. Модели для синтеза и подделки голоса позволяют создавать аудиозаписи несуществующих выступлений, на которых известные люди озвучивают то, чего никогда не говорили, голосовые сообщения от лица близких и знакомых в социальных сетях уже сейчас.

Сложность в выявлении изменений и синтеза голоса заключается в непрерывном развитии технологии генерации и, соответственно, устаревании методов детектирования. Постоянный поиск баланса между точностью и полнотой определения подделок, а также стоимостью, скоростью работы и требуемыми вычислительными ресурсами приводит к необходимости разрабатывать новые решения в этом направлении.

Цель ВКР – разработать методику выявления изменений или синтеза голоса в аудиозаписях на основе глубокого машинного обучения и ее программную реализацию.

Для достижения этой цели были поставлены и решались следующие задачи:

- анализ существующих подходов к обнаружению поддельных и синтезированных голосовых аудиозаписей с использованием глубокого машинного обучения,
- сбор, подготовка и разметка данных с примерами оригинальных аудиозаписей и аудиозаписей, содержащих поддельный и синтезированных голос,
- выбор наилучшей архитектуры глубокой искусственной нейронной сети, с учетом требований к качеству, быстродействию и потребляемым вычислительным ресурсам,
- разработка и программная реализация методики, включающей в себя шаги по предварительной обработке аудиоданных, преобразованию их в формат, подходящий

для обучения и применения глубокой ИНС, преобразованию выходов ИНС в итоговое решение о том, является ли данная аудиозапись подделкой,

- разработка веб-сервиса, использующего обученную модель для выявления поддельного голоса на входящих аудиозаписях с возможностью загрузки аудио и отображения результата работы модели.

В работе рассматривается противодействие методам подделки и синтеза голоса с использованием методов глубокого машинного обучения.

Основная часть (методология, результаты)

В работе проведен анализ существующих подходов к обработке аудио и выявлению изменений и синтеза голоса. На базе существующих подходов разработана методика, включающая в себя несколько основных этапов: загрузка и преобразование аудиоданных, применение преобразований для получения изображения из исходного аудио, получение векторов признаков в пространстве эмбедингов предварительно обученной искусственной нейронной сети, получение предсказания для отдельных отрезков голосовых данных, получение итоговой оценки вероятности изменения или синтеза голоса при помощи агрегации предсказаний для всех отрезков. Для реализации предложенной методики и обучения модели выявления поддельного голоса, были собраны и подготовлены в ходе исследования исходные данные с записями настоящей речи из различных источников, а также сгенерированными примерами. Тестирование итоговой модели проводилось с использованием двух отдельно собранных тестовых наборов данных. Первый – отложенная выборка из примеров, сгенерированных теми же методами, что и в обучающем наборе. Второй набор специально собирался для проверки способности модели выявлять изменения или генерацию голоса новыми методами, которые модели ранее не подавались. Таким образом, тестировалась генерализация модели.

В качестве классификатора аудио были предложены и реализованы три архитектуры модели – базовая, использующая в качестве признаков изображения, полученные после применения оконного преобразования Фурье, а затем банка мел-фильтров к исходному аудио сигналу. Вторая архитектура отличается отдельной обработкой поддиапазонов аудио. Поддиапазоны (0 – 4 кГц, 4 – 8 кГц и 0 – 400 Гц) выбраны исходя из анализа набора данных соревнования по выявлению атак на системы биометрической идентификации ASVSpooof 2021 [1]. Раздельная обработка поддиапазонов позволяет получить более специфичные и устойчивые признаки, чем при обработке целого сигнала. В последней архитектуре, вместо применения преобразования Фурье для получения признаков аудио в частотно-временной области предлагается использовать вейвлет-преобразование. За счет применения набора фильтров с изменением частотного разрешения на каждом масштабе вейвлет-преобразование позволяет получить различное частотно-временное разрешение в разных точках сигнала [2]. В работе использовалось семейство вейвлет-функций Морле, так как принято считать, что они наилучшим образом описывают голосовой сигнал [3].

Выбор архитектуры зависит от конкретного применения и требований к скорости работы и точности модели. Базовая модель – самая быстрая, однако обладает меньшей генерализацией, чем остальные. Для реализации демонстрационного сервиса выявления голосовых подделок была выбрана архитектура с раздельной обработкой поддиапазонов. После подбора гиперпараметров, метрика ROC-AUC на отложенных выборках достигла значения 0.98 для тестовой и 0.86 для набора данных с неизвестными для модели методами генерации.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

Современные методы генерации различных типов данных, включая текст, изображения и аудио, обладают значительным потенциалом как для положительного применения, так и для недобросовестного использования, применение генеративных моделей для синтеза и подделки голоса становится все более доступным, что повышает риски использования таких технологий в мошеннических целях. Существующие подходы к выявлению поддельных голосовых записей на основе глубоких искусственных нейронных сетей обладают высокой эффективностью, но требуют постоянного совершенствования для успешной адаптации к новым методам генерации. Основное отличие данного исследования от предшествующих работ заключается в интеграции глубоких ИНС с эффективной предварительной обработкой аудиоданных и оптимизированной архитектурой сети, что позволяет достигать высоких результатов при умеренных вычислительных затратах. Несмотря на достигнутые показатели генерализации модели, новые методы генерации все еще представляют сложность для выявления. Дальнейшее исследование предполагается в направлении использования вейвлет-анализа для получения более устойчивых признаков аудио в сочетании с более современными архитектурами получения векторных признаков.

Список использованных источников

1. Audio Deepfake Detection Based on a Combination of F0 Information and Real Plus Imaginary Spectrogram Features. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://arxiv.org/abs/2208.01214> (дата обращения: 10.04.2024).
2. Вейвлет. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B5%D0%B9%D0%B2%D0%BB%D0%B5%D1%82> (дата обращения: 25.06.2024).
3. Асташов Р.А., Голубинский А.Н. О материнском вейвлете непрерывного вейвлет-преобразования для задач анализа и синтеза речи // Наука и современность. – 2012. – №. 19-2. – С. 12–19.

Выпускник

Семенова Валерия Олеговна

факультет цифровых трансформаций

e-mail: semenova_vo@bk.ru

Научный руководитель

Ходорченко Мария Андреевна

к.т.н., старший научный сотрудник исследовательского центра в сфере искусственного интеллекта "Сильный искусственный интеллект в промышленности"

e-mail: mkhodorchenko@itmo.ru

УДК 004.934

BUSINESS THESIS "MY VOICE": DEVELOPMENT OF DIALOG SIGN LANGUAGE TRANSLATOR SOFTWARE TO ASSIST IN DIALOG BETWEEN DEAF AND HEARING PEOPLE

Ключевые слова

Computer vision, neural networks, Russian sign language, Russian dactylic alphabet, ice cream.

Цели и задачи

Goal: software development of a dialog sign language interpreter device for recognizing phrases from Russian dactyl alphabet gestures and converting them into text messages based on a complex of machine learning models.

Objectives:

1. Determine the type of gestures to be collected.
2. Collect datasets for each letter of the Russian dactyl alphabet containing 3000 sets of 41 coordinates for each letter.
3. Develop and train a machine learning model for recognizing dactyl letters, select the best set of model parameters.
4. Make changes to the data and/or model based on the results of experiments.
5. Implementations of the proposed methods as modules within the existing system.
6. Determination and justification of further development and design prospects.

Основная часть (методология, результаты)

At the present time, despite the obvious technical progress in related areas of inclusion, the problem of communication between speaking and non-speaking people in the overwhelming majority of cases is solved by involving acquaintances who know sign language and are ready to assist in translation, or by hiring a professional sign language interpreter, whose services are paid by the hourly

rate, since devices and software systems have not found recognition of the mass consumer, focused mainly on the monologue of a non-speaking person, ignoring the second half of the dialogue cycle.

The creation of a device that can help overcome this barrier is one of the current trends in the development of technologies to reduce losses from socially significant diseases. At the same time, it should be noted that at the moment there is no solution in mass consumption that would satisfy all the needs of non-speaking people, at the same time, without creating inconvenience for speaking potential interlocutors.

Existing developments aimed at solving this problem, in fact, work only with part of it. Providing the translation of sign words into a sound or text format, they allow you to maintain a monologue, while for the full integration of non-speaking people into society, a system of assistance in maintaining a dialogue is bypassed.

The main problem with recognizing and translating sign language is the variability of gestures and the ambiguity of individual signs. Unlike natural language, sign language does not have grammatical forms, meaning that the sign phase always consists of words in their base form. Another significant obstacle is dialectal variation, which means that a person's active and passive vocabulary depends on the region they live in. All these factors create serious challenges for translating gestures that involve both hand gestures and facial expressions and represent individual words or phrases (hereinafter referred to as complete signs).

As an alternative sign language, deaf and hard-of-hearing individuals, often unfamiliar with each other or having limited knowledge, frequently use dactyl as an alternative option when communication breaks down with complete signs. Dactyl involves producing gestures with one hand that represent individual letters of the alphabet, which is why it is also called the "dactyl alphabet." Recognizing such gestures is devoid of many of the issues encountered when recognizing complete signs because dactyl consists of static gestures that always represent a specific letter without any variability. Additionally, dactyl is not influenced by dialectal variations and is consistent across the entire language community. When spelling out a phrase using dactyl, words are "spoken" with consideration of their grammatical forms, enabling a deeper and more comprehensive understanding of the context of the received phrase.

Although communication through dactyl is more time-consuming and is used as a backup option when it is not possible to convey meaning with complete signs, from a development perspective, orienting a "gesture-to-speech" system toward translating dactyl significantly simplifies the development process. The lack of contextual influence on the semantic load helps avoid situations where incorrect interpretation of context leads to misinterpretation of a sign. Moreover, there is no need for the system to "guess" the meaning of a word in the received phrase and select the correct grammatical form to create a semantically coherent utterance. One of the key differences between dactyl and complete signs is that dactyl involves only one hand using static gestures, which also allows for higher accuracy and successful recognition by reducing the amount of data being processed.

One important aspect to note is that there is currently no Russian sign language dataset available that could be used to create a machine learning model that recognizes such gestures in real time, and that would take into account the presence of variability in the position of the palm relative to the camera when demonstrating the gesture.

Despite the increasing interest in sign language recognition and translation, the development of a comprehensive dataset specifically tailored to the Russian dactyl alphabet remains a significant gap in this field. The absence of such a dataset poses a considerable challenge for researchers and developers aiming to create reliable and accurate sign language translation systems for Russian-speaking users. Without a well-prepared dataset encompassing various gestures and expressions of the Russian dactyl alphabet, it becomes difficult to effectively train machine learning models and capture the nuances of this particular sign language system.

This limitation hampers progress in creating reliable automatic translation systems that can bridge the communication gap between non-speaking individuals using the dactyl alphabet and the speaking population. It also underscores the need for collaborative efforts in data collection and

annotation, involving linguists, sign language experts, and technologists, to ensure the creation of a comprehensive and representative dataset for the Russian sign language.

As a result of the project, software was developed for a sign language translation device to recognize gestures of the dactyl alphabet and convert them into text words. The final machine learning models achieved a performance accuracy of over 99%. A program was written to read palm coordinates, and datasets for each gesture of the dactyl alphabet were collected. Each dataset comprises 3,000 rows with 42 coordinates per row, resulting in a total of 32 datasets [1][2].

Initially, the coordinates underwent a normalization process and did not include the wrist, which ultimately resulted in poor model performance. Adding Euclidean distance to the data did not have a sufficient effect on the quality of the model. The data was completely recollected without preprocessing and with the inclusion of wrist coordinates. A Tanh-activated multi-layer perceptron with four layers and 20 neurons each showed a recognition accuracy of approximately 99.5% on test data. According to the constructed confusion matrix, only a few letters had a 1-2% chance of being incorrectly recognized [3].

To address the problem of dividing the recognized continuous string of letters into individual words [4], a pre-trained YandexSpeller [5] model was implemented. According to the experiments conducted, this model is also capable of correcting all types of possible word errors. For speech synthesis, the Google Text-To-Speech API was chosen, and for natural speech recognition, the YandexSpeechKit API was selected. The interaction between YandexSpeechKit API and YandexSpeller also closes the need to clean incorrectly “heard” data due to integrated automatic error correction. The developed module allows a non-speaking person to convert sign language words into a format understandable to their speaking interlocutor, thereby removing half of the language barrier.

A comparative analysis was conducted, based on which the main hardware components of the device were selected, their optimal characteristics determined, and the software's effectiveness in real-life conditions was proven.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

The project successfully met all set objectives, providing a functional and efficient solution for sign language translation. Future work could focus on further improving the model's accuracy and expanding its capabilities to recognize a broader range of gestures and contexts.

Additionally, exploring the integration of more advanced natural language processing models could enhance the system's ability to handle complex phrases and idiomatic expressions.

The completion of this project marks a significant advancement in the field of assistive technology for individuals with hearing and speech impairments. The device's ability to accurately translate sign language into text and facilitate seamless communication bridges a crucial gap, promoting inclusivity and accessibility.

Список использованных источников

1. Zhang F., Bazarevsky V., Vakunov A., Tkachenka A., Sung G., Chang C.-L., Grundmann M. MediaPipe Hands: On-device Real-time Hand Tracking. 2020. arXiv:2006.10214.
2. Semenova V.O. Development of a neural network for recognizing gestures of the Russian dactyl alphabet. In 35 Problems and Solutions of Automation of the XXI Century // Proceedings of the VII National Scientific and Practical Student Conference. 2024. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/en/magazine/archive/n5y2024/9212> (дата обращения: 20.06.2024).

3. Semenova V.O., Semenova L.L. Development of software module for translator of sign language words into audio format // Vestnik cybernetics. – 2022. – №. 1(45). – Pp. 46–54.
4. “What you wanted to know about deaf people”. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://voinfo.ru/wp-content/uploads/handbooks/buklet_for_deaf.pdf (дата обращения: 20.06.2024).
5. “Yandex Speller Developer's Guide”. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://yandex.ru/dev/speller/doc/ru/concepts/speller-overview> (дата обращения: 20.06.2024).

Выпускник

Сердюков Александр Николаевич
институт прикладных компьютерных наук
e-mail: serdyukov-alexander@yandex.ru

Научный руководитель

Жук Анна Сергеевна
к.б.н., доцент институт прикладных компьютерных наук
e-mail: aszhuk@itmo.ru

УДК 575.112

**РАЗРАБОТКА ИНСТРУМЕНТА HiST ДЛЯ ИНТЕРАКТИВНОЙ
ВИЗУАЛИЗАЦИИ, РУЧНОГО СКАФФОЛДИНГА И ВАЛИДАЦИИ
ГЕНОМНЫХ СБОРОК НА ОСНОВЕ ДАННЫХ Hi-C**

Работа выполнена в рамках темы НИР №623082 «Разработка платформы для проведения сравнительных исследований трёхмерных структур геномов».

Ключевые слова

Скаффолдинг, Hi-C, геномика, сборка геномов, визуализация, карты контактов Hi-C, структуры данных.

Цели и задачи

Скаффолдинг – это этап геномной сборки, заключающийся в упорядочивании и ориентировании фрагментов ДНК – контигов, для создания протяжённых последовательностей – скаффолдов, соответствующих истинной последовательности ДНК. Целью проекта HiST является разработка программного инструмента, позволяющего в реальном времени визуализировать карты Hi-C контактов и интерактивно выполнять операции скаффолдинга геномных сборок хромосомного порядка, сопоставимых по размеру с геномом человека. Изначальная реализация HiST, созданная в рамках ВКР бакалавра в 2022 году в качестве альтернативы единственному аналогичному инструменту с открытым исходным кодом – JBAT, позволяла работать с геномами комаров семейства Anopheles, однако в процессе её использования был отмечен ряд недостатков, в частности сложность установки, отсутствие интерактивного пользовательского интерфейса и ограниченная поддержка многопоточности. Данная работа посвящена новой реализации HiST на языке Java, устраняющей недостатки предыдущей реализации, для чего было необходимо было создать пользовательский интерфейс перевести на Java основную кодовую базу, отвечающую предметной области и найти аналоги библиотек используемых зависимостей для языка Python

в экосистеме языка Java. Впоследствии добавились задачи изменения конфигурации и сборки библиотек HDF5 и JHDF5 для добавления поддержки плагинов сжатия.

Основная часть (методология, результаты)

На момент начала данной работы уже был составлен список требований к модели данных и разработана первая реализация, использовавшая два Декартовых дерева [1] по неявному ключу [2] со случайными приоритетами [3]. Был разработан изначальный формат файла HiCT на основе контейнера HDF5, а также реализации методов для операций скаффолдинга и запроса произвольной прямоугольной области карты контактов Hi-C [4] в текущем состоянии сборки. Помимо этого, был реализован конвертер из распространённого формата Cooler [5] в изначальную версию предложенного формата HiCT, и демонстрационный интерфейс, отображающий карту, операции скаффолдинга в котором можно было производить только при помощи выбора элементов из выпадающего списка. Тем не менее, присутствовали проблемы при проведении операций скаффолдинга до полного отображения области карты, причиной которых являлось отсутствие синхронизации в модели данных.

В рамках данной ВКР магистра работа над проектом проходила в три этапа. На первом этапе был создан новый веб-интерфейс HiCT, в котором при помощи библиотеки OpenLayers отображалась карта контактов Hi-C, а также реализованы основные интерактивные операции, и добавлена функциональность загрузки и сохранения сборок в формате AGP, что позволило проводить ручной скаффолдинг при помощи HiCT после автоматического скаффолдинга другими инструментами. С учётом обнаруженных недостатков, на втором этапе была улучшена исходная модель данных, из которой было убрано Декартово дерево скаффолдов, добавлен слой отображения адресов (ATL), применён персистентный подход к реализации. На третьем этапе библиотека HiCT была полностью перенесена с Python на Java, что позволило улучшить производительность инструмента, снизить структурную сложность кодовой базы, и упаковать инструмент HiCT в единый jar-файл.

Пользовательский интерфейс HiCT был реализован в виде веб-интерфейса, в рамках данной работы дизайн интерфейса претерпел значительные изменения в сравнении с реализацией в ВКР бакалавра, как можно видеть на рисунке 1. Центральным элементом интерфейса является карта контактов Hi-C, реализованная при помощи библиотеки OpenLayers. Остальные инструменты реализованы при помощи библиотеки Bootstrap.

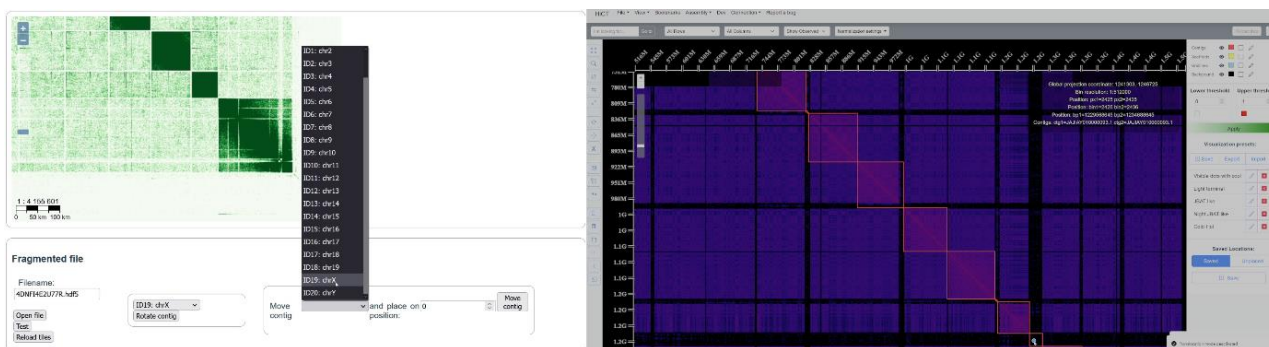


Рис. 1. Сравнение пользовательского интерфейса изначальной реализации (слева) и реализации, полученной в результате данной работы (справа)

После реализации нового веб-интерфейса, а также методов для сохранения и загрузки сборки из файлов в формате AGP, инструмент применялся для ручного скаффолдинга восьми комаров семейства Anopheles, что позволило заметить и исправить проблему в исходной модели данных, которая не подходила для работы с геномными сборками, содержащими протяжённые последовательности коротких контигов. Была разработана новая модель

данных, в которой был добавлен дополнительный слой абстракции – слой трансляции адресов (рис. 2).

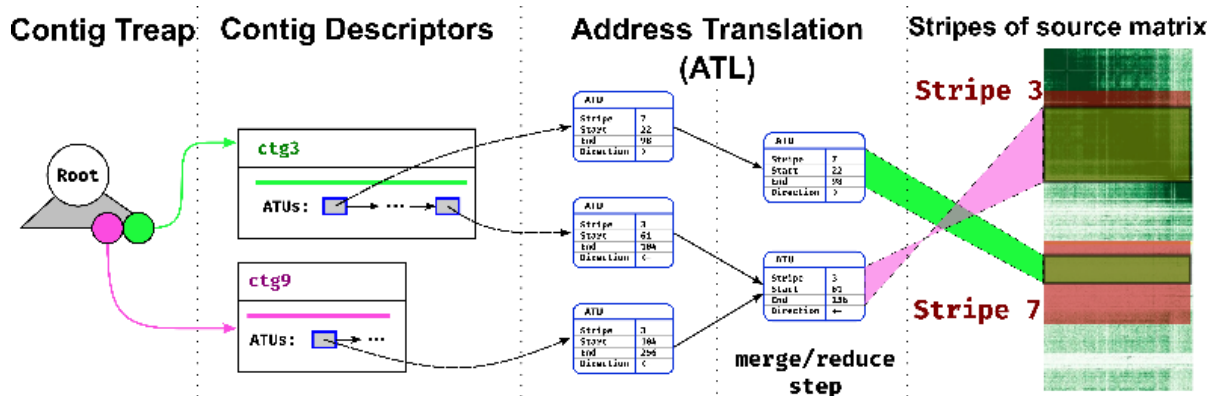


Рис. 2. Принцип работы механизма отображения адресов в улучшенной модели данных

Для работы с новой моделью данных был упрощён процесс фрагментации исходной матрицы контактов Hi-C и модифицирован конвертер форматов. На этом же этапе была добавлена возможность экспорта карты контактов Hi-C из сборки HiCT в формат Cooler. Помимо этого, были реализован экспорт финальной сборки в формате FASTA и запрос геномного контекста для области выделения.

Дальнейшее применение инструмента на практике показало недостатки реализации данных алгоритмов и модели данных на языке Python, большинства реализаций интерпретаторов которого, обладают глобальной блокировкой интерпретатора (GIL), вследствие чего было принято решение перенести всю реализацию библиотеки на язык Java, где подобные проблемы отсутствуют, но уровень абстракции всё ещё достаточно высокий.

Большая часть кода, относящегося к объектам предметной области, была переведена на язык Java без особых трудностей, так как на Python уже существовала отлаженная их реализация, не использовавшая сторонних библиотек или возможностей, недоступных в Java. Реализация модели данных также была переведена, при этом соответствующие примитивы синхронизации и многопоточные вызовы заменялись на соответствующие конструкции языка Java.

Основная сложность заключалась в переводе кода, активно использующего сторонние библиотеки языка Python. Некоторые зависимости имели подходящие аналоги в Java. Так, например, веб-фреймворк Flask был заменён на Vert.X. Однако, большая часть библиотек не имела прямых аналогов в экосистеме Java и было принято решение заменять их на временные ручные реализации, которые предоставляли минимально необходимое число методов и уровень абстракции для переноса кода с Python. Так, например, библиотека numpy, использовавшаяся для работы с матрицами в версии HiCT на Python, была заменена классом, реализующим матрицу как многомерный массив в Java, и поддерживающим только часть операций. Библиотека для визуализации матриц matplotlib была заменена на ручную реализацию с использованием ImageIO из пакета javax.

Наиболее сложным оказался поиск альтернативы для библиотеки h5py, предоставляющей удобный интерфейс для работы с файлами HDF5, на основе которых, с использованием плагинов для сжатия «на лету», построен формат файлов HiCT. Большинство доступных библиотек для работы с файлами HDF5 на Java либо не предоставляли необходимый уровень абстракций, либо их реализация не поддерживала работу с плагинами сжатия, что делало их применение невозможным. Выбор был сделан в пользу библиотеки SiS JHDF5, разработанной в ETH Zurich, однако, её интеграция в HiCT была сопряжена с рядом трудностей. После нескольких попыток отладки, было обнаружено, что конфигурация библиотеки по умолчанию, использовавшаяся для сборки версии JHDF5, доступной в репозиториях, использовала статическое связывание с библиотекой HDF5, что делало невозможным использование плагинов, так как они требуют наличия динамической

библиотеки HDF5. Исправление конфигурации сборки библиотеки HDF5 и скриптов сборки JHDF5 позволило решить данную проблему и собрать модифицированную версию библиотеки JHDF5, предоставляющую достаточный уровень абстракции и имеющую поддержку плагинов сжатия.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

Создана новая реализация HiCT на языке Java. Данная версия позволяет использовать все возможности обновлённой модели данных HiCT для одновременных чтений из нескольких потоков. Решена проблема разрешения зависимостей, а также собрана модифицированная версия библиотеки JHDF5, имеющей поддержку плагинов сжатия. Новая реализация HiCT поставляется в виде единого jar-файла, в которого упакованы все зависимости, включая собранные библиотеки. Для запуска HiCT от пользователя требуется только установка Java версии не ниже 19, но не требуется сложный процесс установки дистрибутива библиотеки HDF5 в систему.

В дальнейшей работе планируется развивать функционал инструмента HiCT до уровня единственного аналога – JBAT и далее для создания полнофункционального браузера геномных данных, интегрировать плагин для поиска геномных перестроек и завершить интеграцию с платформой HiCT, также разработанными в рамках НИРМА №623082.

Список использованных источников

1. Vuillemin J. A Unifying Look at Data Structures // Commun. ACM. – 1980. – Т. 23. – №. 4. – Pp. 229–239.
2. Knuth D.E. The art of computer programming, т.3: сортировка и поиск. 2-е изд. Addison-Wesley, 1998. – 791 p.
3. Декартово дерево по неявному ключу — Викиконспекты. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://neerc.ifmo.ru/wiki/index.php?title=Декартово_дерево_по_неявному_ключу (дата обращения: 21.10.2023).
4. Belton J.M. Hi-C: a comprehensive technique to capture the conformation of genomes // Methods. – 2012. – Т. 58. – № .3. – Pp. 268–276.
5. Abdennur N., Mirny L.A. Cooler: scalable storage for Hi-C data and other genomically labeled arrays // Bioinformatics. – 2019. DOI: 10.1101/557660.

Выпускник

Согришина Мария Олеговна

факультет технологического менеджмента и инноваций

e-mail: marya-97-97@mail.ru

Научный руководитель

Павлова Елена Александровна

к.э.н., доцент факультета технологического менеджмента и инноваций

e-mail: eapavlova@itmo.ru

УДК 65.01

БИЗНЕС-ТЕЗИС «RECIPE»: РАЗРАБОТКА СТРАТЕГИИ ПРОДВИЖЕНИЯ ПРОТОТИПА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПРИЁМА БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ДОБАВОК

Работа выполнена в рамках темы НИР №623108 «Исследование и разработка проектных решений в условиях устойчивого развития и ESG-трансформации социально-экономических систем».

Ключевые слова

Управление разработкой мобильного приложения, ЗОЖ, БАД, витамины, напоминания, ИИ-помощник, медицинские рекомендации, консультации медицинского специалиста.

Цели и задачи

Цель работы: разработать стратегию продвижения разрабатываемого прототипа мобильного приложения. Задачи: провести анализ сферы мобильных приложений в России: проблемы и перспективы развития; исследовать и сформировать основные элементы бизнес-модели стартап-проекта мобильного приложения для контроля приема БАД; сформировать финансовую модель проекта: исследовать, проанализировать и спланировать денежные потоки; провести оценку эффективности проекта разработки прототипа мобильного приложения; провести правовой аудит и исследовать объекты прав интеллектуальной собственности.

Основная часть (методология, результаты)

Приложения медицинского толка используются не только для лечения, они уже прочно вошли в нашу повседневную жизнь. Вот некоторые типы, которые обрели популярность: приложения для отслеживания привычек, например, для отслеживания сна, диеты, потребляемых калорий, психического здоровья; приложения, облегчающие дистанционное медицинское обслуживание и т. д. Разработка программного обеспечения базируются на данных, которые могут быть измерены самими пользователями. Пользователь устанавливает определенные параметры или график, согласно которому он должен выполнять определенные

действия или принимать определенные БАД, например, а приложение уведомляет пользователя, когда пришло время выполнить определенное действие или, когда существует риск несоблюдения установленного параметра [1, 21].

Научная новизна разрабатываемого мобильного приложения заключается в том, что мобильное приложение будет хранить и аккумулировать данные об пациентах для медицинского персонала в одном месте, без риска потери этих данных. Также это позволит отслеживать состояние здоровья пользователя и вовремя реагировать на протекающие изменения [1–9].

Методы исследования: теоретические методы познания: анализ, моделирование, синтез; а также методы эмпирического познания: сравнение, опрос (анкетирование), глубинное интервью, статистические методы.

Методологическая основа исследования: представлена на четырех уровнях: фундаментальном, общенаучном, специально-научном и прикладном.

На основе сравнительного анализа игроков рынка медицинских были определены ключевые конкуренты и КФУ на рынке отрасли здравоохранения ниши ЗОЖ: высоко квалифицированная опытная команда разработчиков, совместимость принимаемых БАД и времени приема, персонализация, чат с медицинским специалистом, использование функции в мобильном приложении дополненной реальности [41]. Проведя стратегические анализы внешней среды, выявлены угрозы и возможности, а также слабые и сильные стороны, а также была выявлена рекомендуемая стратегия - создание преобразованного продукта [31].

Технология создания мобильного приложения в сфере здравоохранения не является новой, однако, на анализе конкурентов выявлены обновленные функции, что делает продукт обновленным. На основе глубинных интервью были выявлены следующие сегменты целевой аудитории, для разрабатываемого прототипа мобильного приложения для контроля приема БАД. Стратегия продвижения мобильного приложения включает в себя комплексную программу с элементами: маркетинговые исследования (аналитика), продвижение (формирование имиджа и бренда, коммуникация и взаимодействие, продажи) и управление отзывами и обратной связью.

Данные элементы подразумевает развитие пяти направлений, которые должны параллельно функционировать с разработкой мобильного приложения: 1. Реклама 2. Личные продажи 3. Стимулирование сбыта 4. Прямой маркетинг 5. Связи с общественностью [29]. Поэтому, для минимального жизнеспособного продукта был определен ограниченный функционал, который включает в себя: авторизацию, план-график, уведомления о приеме, чат с врачом (на базе искусственного интеллекта). Рассчитана была финансовая модель для развития проекта на ближайшие годы. Общая сумма инвестиций – 4 823 700 руб., период окупаемости составит 19 месяцев. Точка безубыточности – продажа платных подписок – 9 921 шт. Внутренняя норма доходности инвестора составляет 196% за 8 лет проекта что в 4,5 раза больше ставки дисконтирования, которая составляет 45%. Следовательно, вложения должны принести прибыль своему инвестору, так как проект потенциально является привлекательным [37, 39].

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

Полученные результаты исследований магистерской диссертационной работы могут быть использованы для проведения дальнейших исследований в области управления инновационными проектами, направленными на выведение на рынок инновационных продуктов (программного обеспечения), и, кроме того, для разработки мероприятий по формированию спроса на новые продукты [38, 42].

Поэтому был спроектирован и разработан минимальный жизнеспособный продукт с определенным ограниченным функционалом (указанным выше).

Список использованных источников

1. App Market Trends and Predictions for 2024. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.businessofapps.com/guide/app-market-trends-and-predictions/> (дата обращения: 29.02.2024).
2. Christofer M. Value-in-use pricing. *European Journal of Marketing*. – 1982. – №. 16(5). – Pp. 35–46. DOI: 10.1016/j.tourman.2010.05.020.
3. Evans N., Campbell D., Stonehouse G. *Strategic Management for Travel and Tourism* [Text]. Butterworth-Heinemann; 2021. – 440 p.
4. Market Research Reports. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.factmr.com/> (дата обращения: 01.03.2024).
5. Nagle T.R. *Holden Strategy and Tactics of Pricing*. Englewood Cliffs, NJ, Prentice Hall. – 2002. – 398 p.
6. Project success and new ventures' outcomes: How often do partners' potential benefits and losses really converge? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/312040736_Project_success_and_new_ventures'_outcomes_How_often_do_partners'_potential_benefits_and_losses_really_converge (дата обращения: 02.03.2024).
7. Yar Hamidi D., Gabrielson J. Chairpersonship and board strategy involvement in small and medium-sized enterprises. *Journal of Leadership Accountability and Ethics*. – 2018. – №. 15(2). – Pp. 86–99.
8. Vargo S.L., Lusch R.F., Archpru M.A., He Y. Service-dominant logic: A review and assessment. *Review of Marketing Research*. – 2010. – №. 6. – Pp. 125–167.
9. Woodruff R.B. Customer value: The next source for competitive advantage. *Journal of the Academy of Marketing Science*. – 1997. – №. 2. – Pp. 139–153.
10. Гражданский кодекс РФ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_5142/ (дата обращения: 01.02.2024).
11. ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207-99. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.swrit.ru/doc/iso/12207-99.pdf> (дата обращения: 02.02.2024).
12. Анализ эффективности и рисков финансово-хозяйственной деятельности: учебное пособие / Е.В. Смирнова, В.М. Воронина, О.В. Федорищева, И.Ю. Цыганова; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2020 – 165 с.
13. Артюхина Е.В. Информационное воздействие как основа властных отношений // *Вестник МГУ. Серия 18. Социология и политология*. – 2008. – №. 1. – С. 166–168.
14. Бернейс Э. *Пропаганда*. М.: Ниппо Publishing, 2010. – 176 с.
15. Браун Дж., Томпсон С. *Основы воздействия СМИ*. М.: Вильямс, 2004. – 432 с.
16. Буари Ф.А. Паблик рилейшнз, или Стратегия доверия. Серия «Современные консалтинговые технологии». М.: Имидж-Контакт: Инфра-М, 2001. – 230 с.
17. Бурса И.А., Тахумова О.В. *Инновационно-инвестиционный анализ и оценка проектов: учебное пособие*. 2-е изд. – Краснодар: ООО «Принт-Терра», 2021 – 113 с.
18. Влияние на российскую ИТ-отрасль уход мировых производителей ИТ-услуг. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.comnews.ru/content/227097/2023-06-29/2023-w26/vliyanie-rossiyskuyu-it-otrasl-ukhoda-mirovykh-proizvoditeley-programmnogo-obespecheniya?ysclid=lua89jobte648588679> (дата обращения: 03.03. 2024).
19. Вордстат «приложение о витаминах». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://wordstat.yandex.ru/> (дата обращения: 04.03.2024).

20. Вызовы и перспективы ИТ-рынка. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.comnews.ru/digital-economy/content/227769/2023-07-31/2023-w31/2023-vyzovy-i-perspektivy-razvitiya-it?ysclid=lua8v1rh9q320296442> (дата обращения: 10.03.2024).
21. Главные ИТ-тренды 2024 года: заменит ли искусственный интеллект человека? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://trends.rbc.ru/trends/industry/65671a3f9a79472c43a1ec1c> (дата обращения: 10.03.2024).
24. Горлова Е.И. Инструменты управления затратами в системе управления предприятием // Экономинфо. – 2012. – №. 17. – С. 30.
25. Жизневский И.Б. Механизмы влияния средств массовой информации: приемы информационного воздействия // Вестник МГУ. Серия 18. Социология и политология. – 2008. – №. 1. – С. 174–176.
26. Зарплаты разработчиков и других специалистов. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://geeklink.io/salary-stat/programmist-razrabotchik/?ysclid=lux346r7im626450197> (дата обращения: 10.08.2024).
27. Иванова В., Перерва А. Путь аналитика. Практическое руководство ИТ-специалиста. Спб.: Питер, 2016. – 304 с.
28. К чему приведет рост роли государства в ИТ-отрасли. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rg.ru/2023/11/30/reg-sibfo/k-chemu-privedet-rost-roli-gosudarstva-v-it-industrii.html?ysclid=lua8kmp0u224148625> (дата обращения: 12.03.2024).
29. Котлер Ф. 300 ключевых вопросов маркетинга: отвечает Филип Котлер. М.: Олимп-бизнес. – 2008. – 223 с.
30. Лассуэлл Г. Коммуникативный процесс и его структуры. Современные проблемы социальной коммуникации. СПб.: Питер, 2016. – 112 с.
31. Лёвина М.В., Дейнова К.Б. Стратегии. Корпоративный, деловой, функциональный и операционный типы стратегий // Наука и образование. – 2022. – №. 1. – 66 с.
32. Макарова С.Г. Витамины и иммунитет в период эпидемии / Макарова С.Г., Фисенко А.П. – М.: Полиграфист и издатель, 2020. – 24 с. – (Информационные материалы / ФГАУ «Нац. мед. исслед. центр здоровья детей М-ва здравоохранения Российской Федерации).
33. Мифоров А.А. Информационные технологии в экономике [Текст]: учебник / А.А. Мифоров -3-е издание, доп. и перер. – М.: ИНФРА-М, 2012. – 300 с.
34. Налоговые льготы для ИТ в 2024. Перечень льгот. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.klerk.ru/user/2146409/587846/> (дата обращения: 04.04.2024).
35. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. Методические рекомендации: – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2019. –36 с.
36. Оценка эффективности инновационных проектов. Практикум для студентов направления подготовки 38.04.02, 38.04.01 А.С.Пуряев – Набережные Челны: НЧИ КФУ, 2019. – 35 с.
37. Остервальдер А., Пинье И., Бернарда Г., Смит А. (2017). Разработка ценностных предложений. Как создавать товары и услуги, которые захотят купить потребители. М.: Альпина Паблишер.
38. Пол Дейтел, Харви Дейтел, Александер Уолд. Android для разработчиков. 3-е издание. СПб.: Питер, 2016. – 512 с.
39. Подсорин В.А. Экономика инноваций: учебное пособие для магистрантов по направлению «Экономика». – М.: МИИТ, 2022. – 123 с.

40. Рейтинг медицинских сервисов, программ и приложений. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://medreclama.ru/blog/obzor-rejting-servisov-programm-i-prilozhenij-dlya-sistemy-telemeditsiny> (дата обращения: 17.03.2024).
41. РУССОФТ: ИТ-Тренды 2024 года. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rntgroup.com/media/news/russoft-it-trends-2024/?ysclid=lua9enew7r504695103> (дата обращения: 18.03.2024).
42. Российский ИТ-рынок в 2024: проблемы, возможности и прогнозы. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.dp.ru/a/2023/12/30/razvitie-ii--kadrovij-golod?ysclid=lua9l5cood471195900> (дата обращения: 18.03.2024).

Выпускник

Степанова Анна Андреевна

институт международного развития и партнёрства
e-mail: an.ma016170@gmail.com.

Научный руководитель

Вад Ольга Владимировна

доцент институт международного развития и партнёрства
e-mail: olgavad@itmo.ru.

УДК 608.4

**АРТ-ПРОЕКТ «ONISM MACHINA»: ИССЛЕДОВАНИЕ
БИОМЕТРИЧЕСКИХ ПАТТЕРНОВ, КОРРЕЛИРУЮЩИХ
С ИЗМЕНЕНИЕМ ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ**

Ключевые слова

Биометрия, эмоции, искусственный интеллект, носимое устройство, субъективный опыт, классификация эмоций, биосенсоры.

Цели и задачи

Сбор биометрических данных уже давно широко используется не только в медицине, но и в коммерческих носимых устройствах. Биометрические данные особенно ценны для мониторинга физиологического и эмоционального состояния пользователей, идентификации личности, оценки их эффективности, маркетинга и др. В последние годы, с быстрым развитием искусственного интеллекта, мы видим все больше новых и передовых методов анализа таких данных. Являясь одной из основных технологий человеко-машинного интерфейса, биометрические датчики послужат новой вехой в создании новых устройств, которые могут стать новым вызовом с точки зрения этики и безопасности персональных данных [5, 6].

Целью данного проекта стало создание носимого устройства из бюджетных и общедоступных материалов и электроники, выстраивая безопасную открытую систему обработки биометрических данных.

Задачи дипломной работы: исследование литературы по теме, изучение художественных проектов, подбор датасетов для обучения нейросети, подбор необходимой электроники, проектирование и конструирование устройства.

Основная часть (методология, результаты)

В рамках разработки нейронной сети для классификации эмоциональных состояний было проведено исследование открытых наборов данных, содержащих сведения о психоэмоциональных характеристиках и соответствующих им показаниях различных

датчиков. В качестве подходящего для тренировки нейросети, был выбран открытый мультимодальный набор данных K-EmoCon, содержащий биометрические показания с используемых в финальной версии проекта сенсоров и состоящий из записей 23 человек во время диалога [1].

3D-модель для печати была разработана в Blender и Zbrush с учетом размеров технической установки. Подготовка к печати на фотополимерном принтере осуществлялась в специальной программе Cura. Дизайн 3D-модели основан на абстрактных формах без острых углов и строгих геометрических элементов. Этот эффект был достигнут путем скульптинга в Zbrush с последующей ретопологией и сглаживанием геометрии в Blender с помощью Quadremesheraddon и модификатора Subdivision. На этапе 3D-моделирования все крепления были объединены в монолитные элементы с помощью булевых операций. Таким же методом были сделаны технологические отверстия для вывода кабеля, вентиляции и другие мелкие элементы (рисунок).

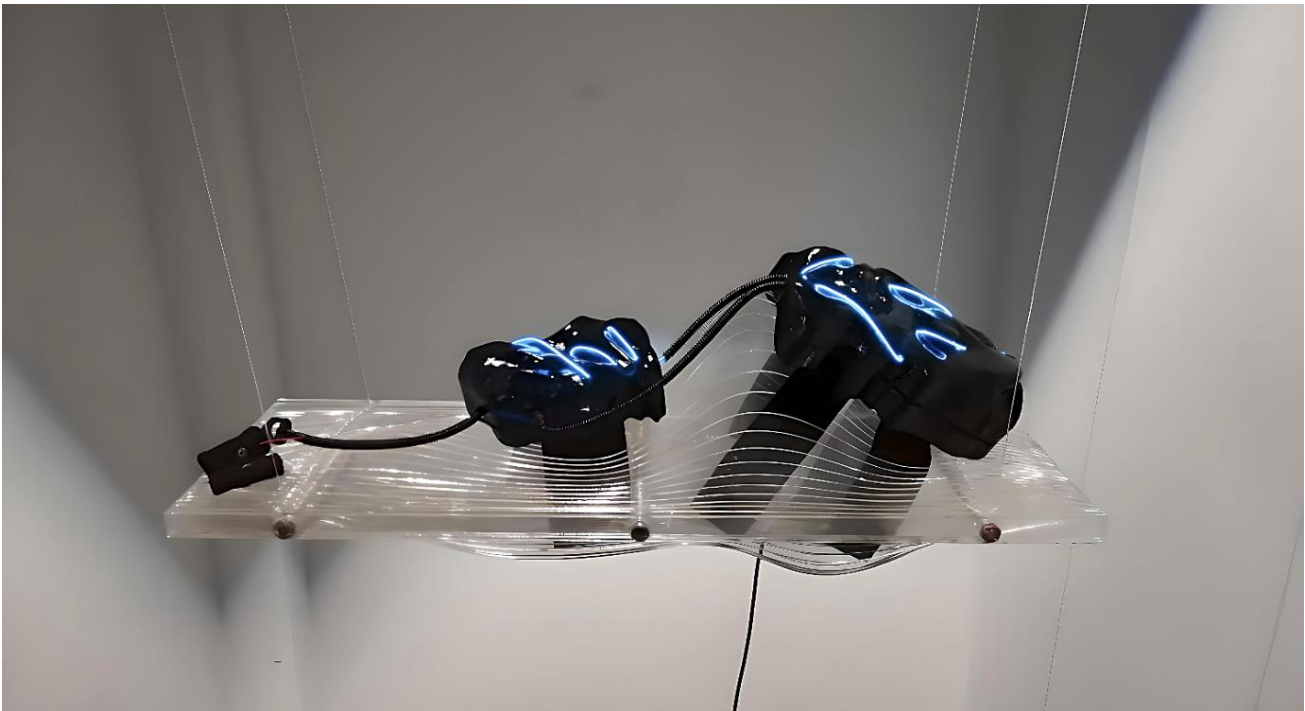


Рисунок. Готовое устройство на выставке «Байты и Бабочки», галерея AIR

Внутри устройство логически разделено на часть, где происходят вычисления и классификация и часть, где предусмотрены элементы для автономной работы. В ходе разработки акцент делался на доступность всех электронных компонентов, что соответствует культуре DIY [3].

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В результате теоретического исследования была сформулирована научная база и философская концепция проекта, а также разработано устройство, считывающее биометрические показатели и классифицирующее психологическое состояние человека с помощью специально обученной нейросети.

Устройство имеет потенциал для широкого спектра перформативных и театральных практик. Одним из возможных применений может стать использование устройства в технологическом театре. Такое устройство может занимать самостоятельную роль в театральном действии, или же его можно использовать на актере. В свою очередь, это может открыть новую концепцию театра, где актер становится симбионтом с ИИ. Ещё одним

перспективным применением может стать использование устройства в хакерских перформансах. Поскольку тема открытого исходного кода, безопасности персональных данных и этики использования ИИ сейчас очень актуальна, такие идеи, раскрытые через взаимодействие хакера и обычного пользователя устройства, могут послужить мощным заявлением.

Список использованных источников

1. Park C.Y., Cha N., Kang S. et al. K-EmoCon, a multimodal sensor dataset for continuous emotion recognition in naturalistic conversations // *Sci Data*. – 2020. – №. 7, 293. <https://doi.org/10.1038/s41597-020-00630-y>.
2. Brady M. (2013) *Emotional insight: The Epistemic Role of Emotional Experience*. Oxford University Press. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://archive.org/details/emotionalinsight0000brad/page/n5/mode/2up> (дата обращения: 22.06.2024).
3. Hertz G. *Art + DIY Electronics*. In *The MIT Press eBooks*. 2023. <https://doi.org/10.7551/mitpress/9324.001.0001>.
4. Daily S.B. et al. *Affective Computing: historical foundations, current applications, and future trends*. Elsevier eBooks. – 2017. – Pp. 213–231.
5. Wadley G. et al. *The future of Emotion in Human-Computer Interaction*. CHI Conference on Human Factors in Computing Systems Extended Abstracts. –2022. <https://doi.org/10.1145/3491101.3503729>.
6. Sun L. et al. A federated learning and blockchain framework for physiological signal classification based on continual learning. *Information Sciences*. – 2023. – №. 630. – Pp. 586–598. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2023.02.003>.

Выпускник

Стюфляева Юлия Константиновна

химико-биологический кластер
e-mail: styuflyaeva@scamt-itmo.ru

Научный руководитель

Рубель Александр Анатольевич

Старший научный сотрудник лаборатории ДНК-наносенсорной диагностики, научный сотрудник СПбГУ, руководитель лаборатории Биологии амилоидов
e-mail: arubel@mail.ru

УДК 577.22

РАЗРАБОТКА ПОДХОДА ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО БЕТА-АМИЛОИДНОГО ПЕПТИДА В МАЛЫХ КОЛИЧЕСТВАХ

Ключевые слова

Амилоиды, Амилоид бета, Болезнь Альцгеймера, Агрегация белков, РМСА, Тиофлавин Т.

Цели и задачи

Целью работы является сравнение кинетики агрегации различных вариантов пептида Аβ 42 или Аβ 42, слитых с меткой SUMO, для оценки возможного использования их в реакции амплификации амилоидной формы Аβ 42 *in vitro*. Задачи, поставленные в работе: 1. Сконструировать челночные плазмиды для продукции различных вариантов пептида Аβ человека, слитых с SUMO-меткой в *E.coli* (pE-6His-SUMO-Аβ). 2. Подобрать и оптимизировать условия для эффективной экспрессии и очистки белков SUMO-Аβ из клеток *E.coli*. 3. Оптимизировать условия для протеолиза метки SUMO и подтвердить наличие пептида Аβ в растворе. 4. С помощью метода флуориметрии проанализировать способность различных вариантов пептида Аβ, слитого с меткой SUMO, к амилоидной агрегации *in vitro*.

Основная часть (методология, результаты)

Болезнь Альцгеймера (БА) - нейродегенеративное заболевание, составляет более 80% всех случаев возрастной деменции, а общемировая заболеваемость оценивается в 50 млн. человек. По мнению специалистов, БА неизлечима, смертельна и приводит к колоссальным экономическим потерям из-за необходимости ухода за пациентами. Кроме того, отсутствуют внедренные в клиническую практику неинвазивные методы биохимической диагностики, в частности, ранней диагностики БА.

Ассоциация по изучению болезни Альцгеймера определяет заболевание как деменцию, связанную с накоплением агрегированных форм пептида Аβ и белка Тау. Ключевым биохимическим маркером, говорящим о возможном старте патологического каскада при

болезни Альцгеймера, является появление агрегированной (мультимерной) формы пептида Аβ. Перспективные подходы, которые могли бы быть использованы для создания метода неинвазивной (и возможно, ранней) диагностики, связаны с детекцией агрегированной формы Аβ в жидкостях организма, в том числе в крови (рис. 1) [1]. Для детекции пептида Аβ в жидкостях организма мы адаптируем методику РМСА (Protein misfolding cyclic amplification), которая была ранее применена для детекции в крови прионных агрегатов белка PrP [2].

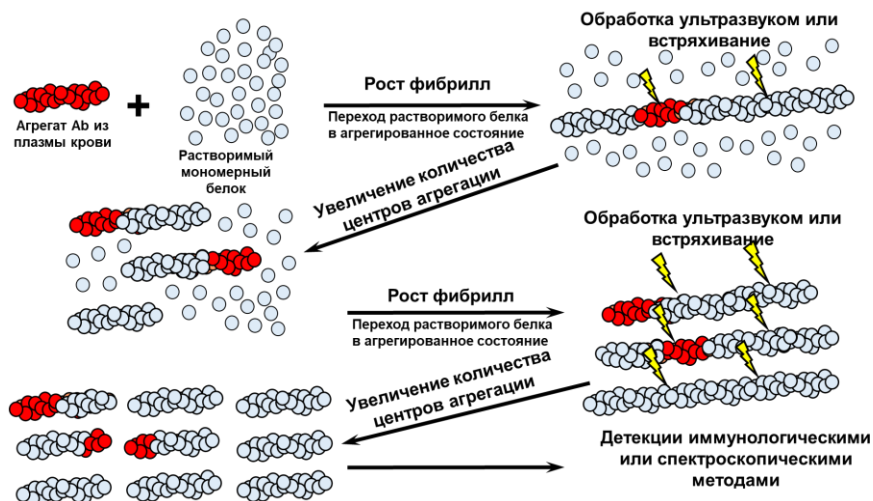


Рис. 1. Метод Циклической Амплификации агрегатов амилоидогенного белка или РМСА

Одной из основных проблем, при амплификации пептида Аβ с помощью метода РМСА является высокая спонтанной агрегацией мономеров пептида Аβ *in vitro*, что приводит к появлению ложноположительных результатов. Для решения этой проблемы мы получили генетические конструкции, кодирующие различные мутантные варианты пептида Аβ42 со сниженной способностью к агрегации, а также конструкции, в которых мутантные варианты Аβ42 слиты с последовательностью SUMO (Small Ubiquitin-like Modifier). Продукцию рекомбинантных белков осуществляли в штамме *E. coli* Rosetta, очистку белков проводили при помощи металл-аффинной хроматографии. Кинетику спонтанной агрегации вариантов Аβ42 анализировали методом флуориметрии с использованием амилоид-специфичного красителя тиофлавин Т (ThT) [3]. В настоящее время, мы исследуем динамику агрегации вариантов Аβ42 в присутствии агрегатов Аβ42 дикого типа (wtАβ42) (рис. 2).

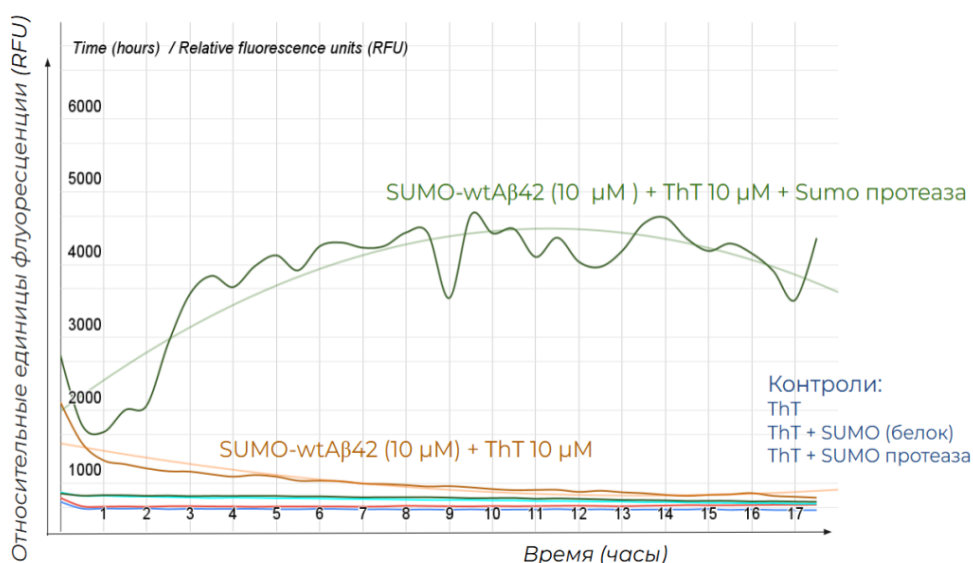


Рис. 2. Измерение кинетики агрегации белков – Аβ42 и Аβ42 с добавлением протеазы SUMO

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

Полученные результаты помогут разработать эффективную систему детекции мультимерных форм пептида $A\beta$ в крови в чрезвычайно малых концентрациях и, в перспективе, могут быть использованы для разработки метода ранней диагностики БА. В случае успеха, разрабатываемая тест-система позволит выявлять заболевание на ранних стадиях и даст больше шансов на эффективную терапию. Также, дальнейшая разработка наборов для выявления амилоида бета в крови может быть использована для популяционного скрининга.

Список использованных источников

1. Rubel A.A., Kulichikhin K.Y., Chernoff Y.O. et al. Development of molecular tools for diagnosis of Alzheimer's disease that are based on detection of amyloidogenic proteins // *Prion*. – 2021 Dec. – №. 15(1). – Pp. 56–69. DOI: 10.1080/19336896.2021.1917289.
2. Castilla J., Saá P., Soto C. Detection of prions in blood // *Nat. Med.* 11. – №. 2005. – Pp. 982–985. DOI: 10.1038/nm1286.
3. Naiki H., Higuchi K., Hosokawa M., Takeda T. Fluorometric determination of amyloid fibrils in vitro using the fluorescent dye, thioflavin T // *Analytical Biochemistry*. – 1989. – Vol. 177(2). – Pp. 244–249.

Выпускник

Суслова Инна Александровна

факультет технологического менеджмента и инноваций

e-mail: t1.marketing@ya.ru

Научный руководитель

Кудинов Игорь Александрович

к.э.н., доцент факультет технологического менеджмента и инноваций

e-mail: kudinov@itmo.ru

УДК 339.13

БИЗНЕС-ТЕЗИС "УМИТЕР": ПРОВЕДЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РЫНКА И РАЗРАБОТКА МАРКЕТИНГОВОГО ПЛАНА УМНОГО ТЕРРАРИУМА

Ключевые слова

Террариум, интернет-вещей, инновационный продукт, маркетинг, исследование рынка.

Цели и задачи

Целью данной работы является создание компании и вывод на рынок террариумов с технологией IoT. В рамках работы поставлены задачи: определение стратегии защиты интеллектуальной собственности; определение стратегии выхода на рынок; проведение исследования рынка террариумного оборудования в России; создание бизнес-плана и финансовой модели; разработка плана привлечения финансирования проекта.

Основная часть (методология, результаты)

Вывод продукции компании “Умитер” на Российский рынок – это важный шаг в развитии инновационных технологий для содержания экзотических животных в условиях Российского климата.

Умный террариум с IoT — это технологически продвинутый террариум со встроенными датчиками и устройствами управления, которые позволяют отслеживать и поддерживать оптимальные условия жизни растительности и животных. К таким условиям относятся температура, влажность, освещение и качество воздуха. Умным террариумом с IoT можно управлять с помощью мобильного приложения или компьютера.

Интерес российского потребителя к экзотическим животным в качестве домашнего питомца непрерывно растет, начиная с 1990 г. Именно в этот период и до 2010 года в страну незаконно ввозились экзотические животные для домашнего содержания – это отражено в отчетах фонда защиты дикой природы [1], а из того факта, что животные ввозились живыми

можно судить о потребности именно в питомцах. Это запустило формирование российского рынка товаров для содержания экзотов: террариумов, специализированного оборудования, кормовой базы и медицинских услуг. В текущий момент приблизительная оценка российского рынка террариумного оборудования колеблется между 5–6 млрд. руб. по данным исследований разных агентств.

В настоящее время на рынке террариумного оборудования представлены такие зарубежные бренды, как EXOTERRA, REPTI ZOO и другие. Они изготавливаются из импортного сырья за рубежом. Производство наших корпусов будет расположено в России и изделие будет изготовлено из российских материалов: металла, стекла, фанеры и т.д. Кроме того, оно будет более технологичным и более доступным для российского потребителя, чем представленный импортный товар.

Основной продукт компании — террариум из экологически чистых, антивандальных материалов, со встроенной сенсорной системой на базе микрокомпьютера, с удаленным доступом и автоматической регулировкой климатических условий через мобильное приложение. Необходимые условия будут установлены и контролироваться автоматически.

Данная технология позволит любому человеку, независимо от его опыта и знаний, содержать экзотического питомца дома в необходимых ему условиях. Проект решит проблему болезней и гибели экзотических рептилий (содержащихся в домашних условиях) из-за нарушений условий содержания.

Умный террариум снимет стресс у владельцев рептилий (в частности, детей) за счет улучшения качества жизни рептилии и снижения заболеваний, вызванных неправильным содержанием. Кроме того, поддержание оптимальных условий в непрерывном режиме позволит улучшить процесс размножения таких животных в неволе, что важно для сохранения их популяции в дикой среде в условиях непрерывного роста спроса на рынке на покупку таких животных.

Использование отечественных материалов позволяет сделать процесс производства устойчивым и стабильным, не зависящих от внешнеэкономических факторов.

Полученное финансирование обеспечило необходимую базу для успешного запуска продукта и его масштабирования. Собственная производственная площадка готова к началу производства умных террариумов, что гарантирует стабильное качество продукции и возможность контролировать все этапы производства.

Заключены первые договоры о партнерстве с ключевыми игроками на рынке, что подтверждает интерес к выпускаемой предприятием продукцией и делает возможным выход на Российский рынок террариумного оборудования.

В ходе проведенного маркетингового исследования было определено, что разработка умного террариума предполагает создание нового сегмента рынка террариумного оборудования в России и нового класса потребителей, заинтересованных в инновационных решениях для своих питомцев.

Динамика рынка показывает растущий спрос на продукцию, соответствующую концепции умного террариума – автоматизация, контроль температур, экологичность интересуют потребителей все больше и играют все большую роль в принятии решения о покупке террариумного оборудования для своего питомца.

Особенности продукции компании “Умитер”, такие как автоматизация процессов, управление с мобильного приложения делают ее конкурентоспособной на Российском и зарубежном рынке [2].

Эксперты рынка согласны с тем, что внедрение умного террариума способствует повышению уровня комфорта для животных и упрощению задач их владельцев.

Разработанная маркетинговая стратегия позволит эффективно донести преимущества продукта до целевой аудитории и занять прогнозируемую долю рынка.

Ключевым этапом развития предприятия является расширение производства и увеличение производственных мощностей. Стратегический план развития включает в себя

расширение парка оборудования, оптимизацию производственных процессов и создание рабочих мест.

Сотрудничество с партнерами и дистрибьюторами по агентским договорам способствует быстрому распространению продукта и увеличению его узнаваемости.

Обратная связь от первых тестировщиков и партнеров по произведенному MVP является позитивной. Постоянное совершенствование функциональности умного террариума в соответствии с требованиями пользователей обеспечивает его конкурентоспособность на рынке.

Вывод умного террариума на рынок открывает новые перспективы рынка экзотических животных в России.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В ходе работы было получено финансирование от ФСИ, создано юридическое лицо, организована производственная площадка, подписаны первые агентские договоры с профильными организациями. Проект вошел в число финалистов конкурса "Стартап-СПбГУ 2023", в ТОП-200 стартапов в рейтинге от платформы предпринимательства.

Список использованных источников

1. Кревер В.Г., Иванникова Т.О. Коммерческий оборот диких животных в Российской Федерации // Москва: Всемирный фонд дикой природы (WWF). – 2020. – 74 с.
2. Беликова И., Солодовник А. К вопросу о путях выхода на внешний рынок // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. – 2014. – №. 1 (4). – С. 64–66.

Выпускник

Тарабрина Ангелина Дмитриевна

научно-образовательный центр фотоники и оптоинформатики

e-mail: adtarabrina@itmo.ru

Научный руководитель

Киселев Федор Дмитриевич

к.ф.-м.н., инженер 1 кат. национального центра квантового интернета

e-mail: fdkiselev@itmo.ru

УДК 535.8, 535.14

**МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ
МАРШРУТИЗАЦИИ КВАНТОВЫХ КАНАЛОВ В ОПТИЧЕСКИХ
ТРАНСПОРТНЫХ СЕТЯХ**

Ключевые слова

Квантовое распределение ключа, мультиплексирование с разделением по длине волны, городские волоконно-оптические сети, задача об узком месте, алгоритм Дейкстры.

Цели и задачи

Квантовое распределение ключа (КРК) предполагает формирование симметричной битовой последовательности между двумя удаленными абонентами, и защита данного процесса гарантируется фундаментальными принципами квантовой механики [1], в отличие от современных асимметричных алгоритмов шифрования, безопасности которых угрожает появление квантового компьютера. Системы КРК используют состояния слабой интенсивности, следовательно, очень чувствительны к оптическим шумам и обычно подразумевают использование темного волокна, но в городских оптоволоконных сетях это может быть экономически нецелесообразно, поскольку чтобы встроить КРК в темное волокно пришлось бы прокладывать новую кабель, вторгаясь в готовую инфраструктуру, поэтому разрабатываются методы совместного распространения квантовых и информационных каналов в одном волокне с применением технологии плотного мультиплексирования по длине волны [2, 3].

Таким образом, целью данной работы является маршрутизация квантового распределения ключа на боковых частотах (КРКБЧ) [4] в городской оптической транспортной сети так, чтобы скорость генерации секретного ключа была максимально возможной. Для достижения этой цели была сформулирована задача оптимизации маршрута КРК в городской оптической транспортной сети при совместном распространении квантовых и информационных каналов в одном оптическом волокне на математическом языке; смоделированы топологии городских сетей в виде графов, вершины которых являются узлами сети, а ребра соответствуют волоконным линиям, их соединяющими; реализован алгоритм, вычисляющий оптимальный, то есть с максимальной скоростью генерации секретного ключа

и минимальным числом узлов, путь между двумя заданными узлами сети; получены зависимости количества итераций, необходимых для вычисления оптимального пути, от размера сети, то есть количества вершин в графе; исследована возможность увеличения эффективности поиска оптимального пути и продемонстрировано увеличение скорости решения задачи.

Основная часть (методология, результаты)

При совместном распространении квантового сигнала в одном волокне с информационными необходимо учитывать влияние на КРК шумов оптоволоконного канала. В данной работе это шумы, связанные с эффектами спонтанного комбинационного рассеяния и четырехволнового смешения.

Перейдем к постановке задачи маршрутизации. Городскую оптоволоконную сеть можно представить как граф $G=(V,E)$, где вершины V представляют собой узлы сети (корпуса университетов, офисы, административные здания), а ребра E обозначают оптоволоконные линии. Веса ребер заданы матрицей с неотрицательными элементами размера n на n , где n – число вершин. Вес ребра соответствует скорости генерации секретного ключа для данного соединения и зависит от количества информационных каналов и длины соединения, значения которых задаются случайно для каждого ребра. Квантовый канал располагается на длине волны 1550,12 нм и расстояние между несущими в частотной сетке составляет 100 ГГц. Необходимо связать два заданных узла s и t городской сети квантовым каналом так, чтобы скорость генерации секретного ключа была максимальной. Скорость генерации секретного ключа будет ограничена самым медленным участком пути. В формулу для расчета K входят параметры оборудования, а также учитывается вклад шумов оптоволоконного канала.

Задача поиска оптимального пути на графе сводится к нахождению максиминного пути между двумя узлами. Она также известна как задача об узком месте. Узким местом пути будем называть ребро с минимальным весом в данном пути. Требуется найти путь с максимальным узким местом.

Для решения задачи сначала находятся все пути, соединяющие два данных узла. Затем ищется минимальный вес ребра в каждом из этих путей. Далее выбирается путь, минимальный вес ребра в котором максимален. Если существует несколько таких путей, то выбран будет тот, в котором наименьшее количество узлов, чтобы также уменьшить расходы на стоимость оборудования.

Итак, была разработана программа, реализующая описанный алгоритм и вычислены оптимальные пути, соединяющие два заданных узла квантовым каналом. Алгоритм был проверен на графах, оптимальный путь для которых был известен заранее. На рисунке 1 представлен пример выходных данных программы.

Метод перебора для поиска оптимального пути оказывается слишком трудоемким, поэтому перейдем к рассмотрению возможности решения задачи более эффективным способом.

Другой метод подразумевает использование модифицированного алгоритма Дейкстры, имеющего сложность $O((|E|+|V|)\log|V|)$. Для решения подобных задач может использоваться алгоритм Флойда-Варшала, однако он имеет сложность $O(V^3)$. Еще один алгоритм – алгоритм Крускала не превосходит по эффективности алгоритм Дейкстры в случае, когда решение требуется найти для единственной пары начальной и конечной вершин [5]. При разработке программы для вычисления оптимальных маршрутов с помощью модифицированного алгоритма Дейкстры, для расчета матрицы весов ребер, содержащей значения скорости генерации секретного ключа на каждом отрезке пути, по-прежнему случайно задавались длина волокна и количество информационных каналов на каждом участке оптического волокна, соединяющем соседние узлы.

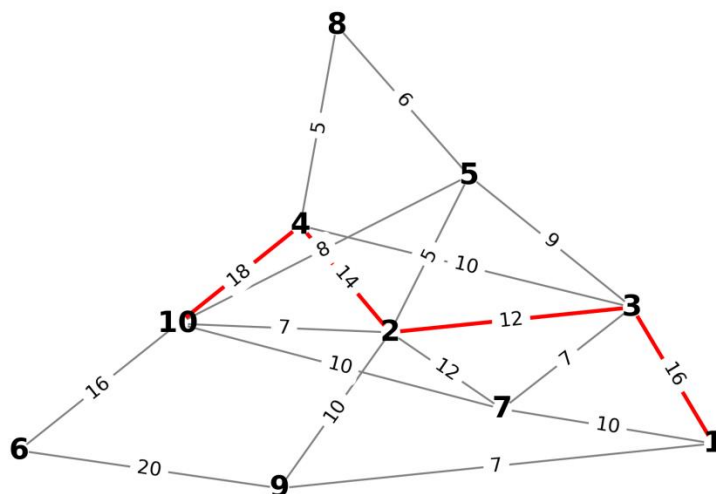


Рис. 1. Пример результата работы алгоритма для сети из 10 узлов. Оптимальный путь между узлами 1 и 10 выделен красным. На ребрах указано значение скорости генерации секретного ключа в кбит/с

На рисунке 2 представлен график, демонстрирующий значительное увеличение эффективности поиска решения при использовании модифицированного алгоритма Дейкстры по сравнению с методом перебора. Модифицированный алгоритм Дейкстры не только увеличивает размер сетей, с которыми можно работать, но и дает выигрыш по скорости нахождения решения в сетях от 5 узлов. Такой способ можно использовать для сетей больших размеров и плотности или в случаях, когда критична скорость вычисления оптимального пути.

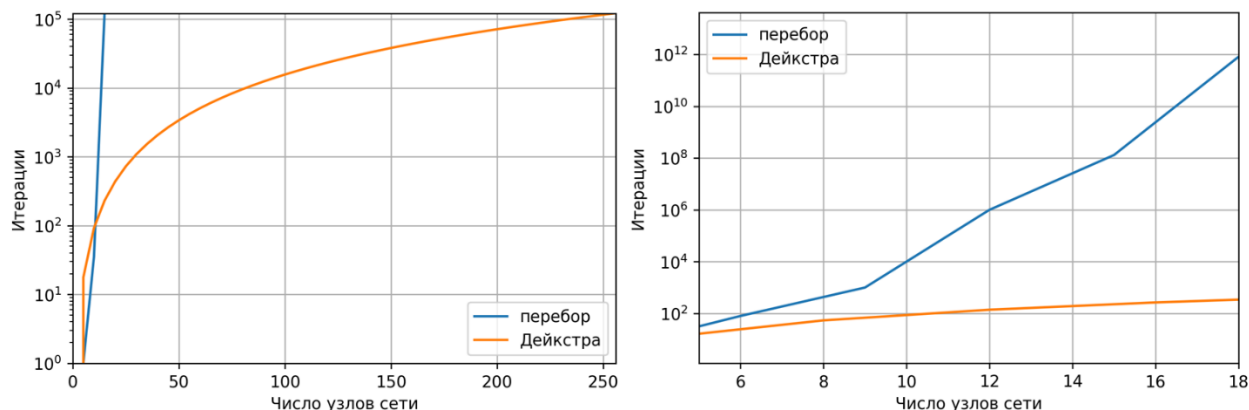


Рис. 2. Зависимость количества итераций, необходимого для нахождения оптимального пути, от числа узлов сети при нахождении решения перебором и с помощью модифицированного алгоритма Дейкстры (справа увеличенный фрагмент графика)

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В данной работе с целью минимизации факторов, влияющих на производительность КРК, при интеграции квантовых каналов в существующую оптоволоконную инфраструктуру (сеть) соединения отправителя и получателя через последовательность узлов сети производилось так, чтобы на самом медленном (ограничивающем финальную скорость) участке пути скорость генерации секретного ключа была максимально возможной, для чего были рассмотрены способы решения задачи об узком месте на графах.

В результате выполнения работы, найдены оптимальные маршруты линии КРКБЧ между отправителем и получателем в сетях случайных топологий с различным количеством узлов

при совместном распространении квантовых и информационных каналов в одном оптическом волокне.

Применение метода полного перебора ограничивает размер сетей, с которыми можно работать. Показано увеличение эффективности поиска оптимального пути при использовании модифицированного алгоритма Дейкстры и, следовательно, возможность работы с сетями с большим количеством узлов и динамическими сетями.

Результаты данной работы могут быть использованы при проектировании сетей КРК, интегрированных в существующую инфраструктуру.

Список использованных источников

1. Gisin N., Ribordy G., Tittel W., Zbinden H. Quantum cryptography // *Rev. Modern Phys.* – 2002. – V. 74. – №. 1. – P. 145. <https://doi.org/10.1103/RevModPhys.74.145>.
2. Kiselev F. et al. A theoretical study of subcarrier-wave quantum key distribution system integration with an optical transport network utilizing dense wavelength division multiplexing // *Journal of Physics B: Atomic, Molecular and Optical Physics.* – 2021. DOI: 10.1088/1361-6455/ac076a.
3. Bahrami A., Lord A., Spiller T. Quantum key distribution integration with optical dense wavelength division multiplexing: a review // *IET Quantum Communication.* – 2020. – Т. 1. – №. 1. – Pp. 9–15.
4. Мазуренко Ю.Т., Меролла Ж.М., Годжебюр Ж.П. Квантовая передача информации с помощью поднесущей частоты. Применение к квантовой криптографии // *Оптика и спектроскопия.* – 1999. – Т. 86. – №. 2. – С. 181–183.
5. Malpani N., Chen J. A note on practical construction of maximum bandwidth paths // *Information Processing Letters.* – 2002. – Т. 83. – №. 3. – Pp. 175–180.

Выпускник

Усов Иван Станиславович

институт прикладных компьютерных наук

e-mail: ivan.usov.2000@mail.ru

Научный руководитель

Муравьев Сергей Борисович

к.т.н, доцент институт прикладных компьютерных наук

e-mail: mursmail@gmail.com

УДК 004.04

АВТОМАТИЧЕСКАЯ КЛАСТЕРИЗАЦИЯ РАСПРЕДЕЛЁННЫХ МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ ДАННЫХ

Ключевые слова

Анализ данных, обучение без учителя, кластеризация, автоматическое машинное обучение, большие данные, мультимодальность.

Цели и задачи

Задачу кластеризации можно неформально определить как разбиение множества объектов на подмножества таким образом, что схожие объекты попадают в одно подмножество, тогда как различающиеся – в разные подмножества.

У кластеризации широкий спектр применения в социологии, биологии, маркетинге и других сферах. При этом, у задачи нет строгой математической постановки, а теорема невозможности Клейнберга [1] утверждает, что нельзя построить алгоритм кластеризации, который бы обладал некоторыми естественными свойствами.

И тем не менее, существует большое количество алгоритмов кластеризации, которые реализуют различные эвристики разбиения объектов на кластеры, а также множество функций оценки качества, которые называются мерами.

На сегодняшний день в данной области можно выделить следующие проблемы:

- наборы данных редко помещаются в оперативную память одной машины. Поэтому приходится применять распределенные вычисления, и Apache Spark [2] – одна из наиболее популярных платформ для распределенных вычислений;
- часто объекты задаются не только численными значениями, но и другими модальностями, такие как изображение и текст, а также их комбинацией. Для сохранения внутримодальной и межмодальной семантики нужны специальные методы обработки;
- нет универсального критерия для оценки качества разбиений. Несмотря на обилие внутренних мер, ни одна из них не гарантирует адекватной оценки разбиения с визуальной точки зрения, а использование внешних мер методологически некорректно;
- современные автоматические системы хорошо приспособлены к решению задач обучения с учителем задач, но в то же время они не могут быть применены для обработки

неразмеченных данных.

Целью исследования является улучшение качества и скорости решения задачи кластеризации в условиях ограниченного временного бюджета. Для достижения поставленной цели требуется выполнить следующие задачи:

- создание метода обработки мультимодальных данных, который может быть применен в контексте больших неразмеченных данных;
- оценка разбиений на основе нескольких внутренних мер качества, то есть внедрение множества критериев для оптимизации;
- создание полноценной автоматической системы для предобработки данных, выбора алгоритма кластеризации и настройки его гиперпараметров.

Основная часть (методология, результаты)

На сегодняшний день существует ряд подходов к решению проблемы обработки мультимодальных данных. Однако все эти методы упираются в одно из двух ограничений: они или чересчур требовательны к ресурсам, или неприменимы для задач обучения без учителя. Для кластеризации мультимодальных наборов данных предлагается:

- во-первых, преобразовывать графические и текстовые модальности в векторные представления с помощью предобученных моделей глубокого обучения;
- во-вторых, вводится мультимодальная метрика расстояния со следующей формулой:

$$D(x, y) = \sqrt{a_1 * d_1^2(x_1, y_1) + a_2 * d_2^2(x_2, y_2) + \dots + d_m^2(x_m, y_m)}. \quad (1)$$

Заметим, что предложенная метрика учитывает как внутримодальную, так и межмодальную семантику;

- в-третьих, предлагается следующая формула для автоматического подсчета весовых коэффициентов:

$$a_i = \frac{\dim(x_i)}{\sum_{j=1}^m \dim(x_j)}. \quad (2)$$

Существующие подходы к многокритериальной оптимизации неприменимы к внутренним мерам качества в силу их разнородности.

Для сравнения двух разбиений несколькими мерами качества, вводится понятие «плохого» разбиения – это наихудшее возможное разбиение с точки зрения мер качества, которое на практике хорошо аппроксимируется случайным разбиением на два кластера.

По следующей формуле вычисляется величина, численно показывающая, насколько разбиение x «лучше» разбиения y :

$$\Delta(Q_x, Q_y) = \frac{1}{v} \sum_{i=1}^v \frac{q_x^i - q_y^i}{\max(q_x^i, q_y^i) - q_*^i}. \quad (3)$$

Далее описывается предлагаемый способ настройки алгоритма кластеризации. Вводится определение корректной конфигурации алгоритма кластеризации – это такой набор гиперпараметров алгоритма кластеризации, который продуцирует разбиение на два и более непустых кластера, возможно, с верхней границей, заданной пользователем.

Пусть у алгоритма есть история запусков, состоящая из корректных и некорректных конфигураций. Некорректные конфигурации нас мало интересуют, поэтому их награду оцениваем в минус бесконечность. Корректные же конфигурации сравниваем попарно представленной ранее функцией Δ (3):

$$reward(s_i) = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k \Delta(Q_{s_i}, Q_{s_j}). \quad (4)$$

Особо стоит уделить внимание тому, что награды меняются с каждой новой конфигурацией в истории запусков, поэтому их необходимо пересчитывать на каждой итерации.

Далее описывается предлагаемый способ выбора алгоритмов кластеризации с помощью многорукого бандита. Награда ручки состоит из качественной и временной составляющей. Качественная определяется через сравнение наилучших разбиений каждой из ручек:

$$r_q(a_i) = \sum_{j=1}^w \Delta(o_i, o_j), \quad (5)$$

а временная обратно пропорциональна затраченному на ручку времени:

$$r_t(a_i) = 1 - \frac{t_i}{\sum_{j=1}^w t_j}. \quad (6)$$

Обе составляющие нормализуются до нулевого среднего и единичной дисперсии, затем складываются:

$$r(a_i) = [r_q(a_i)] + [r_t(a_i)], [x] = \frac{x - x_{mean}}{x_{std}}. \quad (7)$$

На рисунке представлена верхнеуровневая схема разработанной автоматической системы.

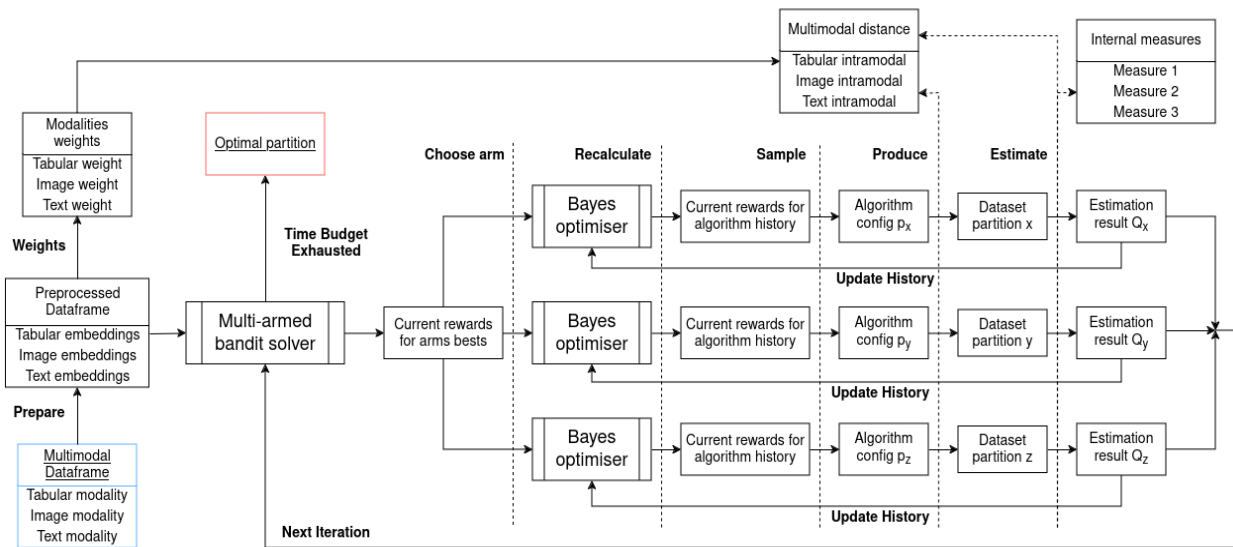


Рисунок. Схема автоматической системы выбора алгоритма кластеризации и настройки его гиперпараметров

В таблице представлено функциональное сравнение с открытыми аналогами. Можно заметить, что ни одна из существующих реализаций не обладает всеми компонентами, что дополнительно обуславливает целесообразность проводимого исследования.

Для оценки эффективности автоматической системы предлагается следующая методология: на 50 наборах данных из открытых источников OpenML и Kaggle проводится сравнение со случайным выбором алгоритмов кластеризации и случайным поиском их гиперпараметров.

Таблица. Качественное сравнение с существующими библиотеками. Sparkling – название библиотеки, разработанной в рамках данного исследования

	Алгоритмы кластеризации	Внутренние меры качества	Распределенные данные	Мульти-модальные данные	Многокритериальная оптимизация	Автоматизация
Sparkling	+	+	+	+	+	+
SparkML	+	+/-	+	-	-	-
SLAMA	-	-	+	-	-	+
Autocluster	+	+/-	-	-	-	+
Autosklearn	-	-	-	-	-	+
Scikit Learn	+	+/-	-	-	-	-
PyClustering	+	-	-	-	-	-

Критериями для оптимизации были выбраны 4 внутренние меры качества согласно исследованию [3]. Для нивелирования фактора случайности обе конфигурации запускались по 5 раз на каждом наборе данных. Результатом сравнения на наборе данных X задается формулой:

$$S(X) = \frac{1}{25} \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^5 \Delta(A_i, B_j). \quad (8)$$

Заметим, что величина S , в силу свойств функции Δ , ограничена отрезком $[-1; 1]$, а значение больше нуля означает превосходство предложенного метода на конкретном наборе данных.

Экспериментальное исследование проводилось в распределенной среде Data Proc кластера от Yandex Cloud, состоящего из 7 виртуальных машин. В результате применения одностороннего теста Вилкоксона для величины S было получено $pvalue = 0.023$, что позволяет принять гипотезу о статистическом превосходстве над случайным поиском.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В данном исследовании представлена методология автоматической системы решения задачи кластеризации, проведён анализ существующих аналогичных решений, различных алгоритмов кластеризации, мер оценки качества получаемых разбиений, а также возможных подходов к автоматизации решения задачи кластеризации, на основе которого было предложено своё решение.

Результатом исследования является Sparkling – библиотека автоматического выбора и настройки алгоритма кластеризации наборов данных различных представлений. Были разработаны распределенные реализации различных внутренних и внешних мер качества разбиений, несколько распределенных реализаций алгоритмов кластеризации, а также многокритериальная функция сравнения двух разбиений. Библиотека поддерживает работу с большими объемами данных, что не предлагает ни одно из существующих на сегодняшний день AutoML решений для задач кластеризации. С точки зрения поддерживаемых форматов данных библиотека поддерживает на вход табличные, текстовые данные, изображения и мультимодальные данные.

Реализация Sparkling является полигоном для проведения различных экспериментов в области анализа данных, в частности и в особенности в тех случаях, когда разметка отсутствует. Библиотека может применяться для разметки данных, тестирования различных гипотез на их основе, а также для решения задачи кластеризации в различных областях. Для использования библиотеки требуется лишь консистентный набор данных, описывающий задачу, и кластер машин с необходимыми мощностями.

Функционал библиотеки позволяет внедрять новые метрики качества разбиений и алгоритмы кластеризации, что позволит в дальнейшем проводить более широкий ряд экспериментов для различных задач кластеризации. В дальнейших планах развития предусмотрено внедрение графических ускорителей вместо распределенных вычислений на Apache Spark, что уже было вновь поддержано Фондом содействия инновациям.

Список использованных источников

1. Kleinberg J. An impossibility theorem for clustering // *Advances in neural information processing systems*. – 2002. – Vol. 15. – 8 p.
2. Mllib: Machine learning in apache spark / X. Meng [et al.] // *Journal of Machine Learning Research*. – 2016. – Vol. 17. – №. 34. – Pp. 1–7.
3. Filchenkov A., Muravyov S., Parfenov V. Towards cluster validity index evaluation and selection // *2016 IEEE Artificial Intelligence and Natural Language Conference (AINL)*. – IEEE. – 2016. – Pp. 1–8.

Выпускник

Федорец Надежда Михайловна

факультет технологического менеджмента и инноваций

e-mail: fedoretc_n@mail.ru

Научный руководитель

Павлова Елена Александровна

к.э.н., доцент факультета технологического менеджмента и инноваций

e-mail: eapavlova@itmo.ru

УДК 338.1

БИЗНЕС-ТЕЗИС «r_LENSES»: РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЙ СБОРА И ПЕРЕРАБОТКИ ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИНЗ

Работа выполнена в рамках темы НИР №623108 «Исследования и разработка проектных решений в условиях устойчивого развития ESG-трансформации социально-экономических систем».

Ключевые слова

Обращение с отходами, использованные контактные линзы, переработка, системы сбора и утилизации, рынок переработки отходов, цикличная бизнес-модель, экономика замкнутого цикла.

Цели и задачи

В России ежегодно образуется около 60 миллионов тонн отходов, при этом перерабатывается лишь 7%. Проект Recycle Lenses направлен на увеличение доли вовлеченных в переработку отходов, решая вопрос утилизации линз. Из-за неправильного обращения линзы оказываются в сточных водах и накапливаются в виде микропластика нарушая целостность водных экосистем. Эффективное решение данной проблемы будет достигнуто, если разработать комплекс мер, который будет охватывать все этапы обращения с отходами. Для достижения поставленной цели необходимо подобрать технологические решения на этапах накопления, сбора и переработки контактных линз.

Основная часть (методология, результаты)

Команда проекта Recycle Lenses разработала комплекс мер, включающих в себя две технологические цепи: по производству контейнеров для накопления линз, по переработке линз в полимерное гидроизолирующее сырье. Для сбора контактных линз выбрано цифровое

решение. Технология переработки была выбрана на основании проведенных исследований морфологического состава контактных линз российского рынка оптометрии, их физико-химических свойств и существующей в мире технологии от компании TerraCycle, которая перерабатывает линзы в трех странах мира [1–3].

Уникальность проекта состоит в том, что он представляет собой развитие классической бизнес-модели: производство продукта-продажа в цикличную бизнес-модели, в которой собранные контактные линзы будут перерабатываться в сырьё для производства контейнеров для сбора новых отходов, а при избытке – отправляться на продажу в качестве гидроизолирующего строительного сырья. Таким образом, проект включает в себя все мероприятия по обращению с отходами. Так как до стадии переработки необходимо первоначально накопить и собрать новый вид отхода, было принято решение о создании специализированных контейнеров, которые было бы удобно хранить дома, а также размещать в оптиках, аптеках и магазинах экологических продуктов достигая максимальной доступности для целевой аудитории. Сам контейнер будет представлять собой контактную линзу с вариативной размерностью для разных точек размещения, что учтено в комплексной производственной установке типа Plastron UJ/460.

Процесс организации сбора линз для конкретного проекта должен быть максимально адаптивным к привычкам общества: состоять из простых шагов и включать в себя привычные инструменты. Помимо размещения контейнеров в специализированных магазинах, также рассмотрен вариант домашних контейнеров.

В качестве цифрового решения для сбора линз было выбрано WEB-приложение с встроенной SRM-системой на основании проведенного анализа мобильных приложений и адаптивных сайтов. Ключевыми факторами стали: простота реализации, отсутствие необходимости специального скачивания и установки на мобильные устройства и экономическая составляющая реализации. Таким образом путь пользователя, который накапливает линзы дома, включает в себя: сканирование QR-кода на контейнере, ввод адреса и ожидание забора накопившихся линз, схема представлена на рисунке 1. Все эти шаги не требуют специальных мероприятий: таких как организация мест хранения, планирование поездок до точек сбора.

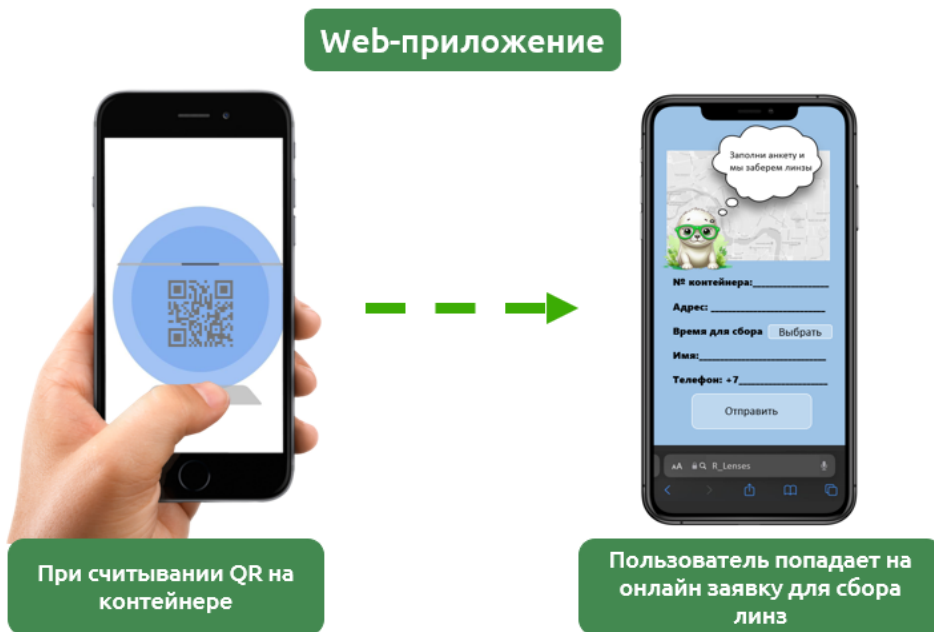


Рис. 1. Схема использования приложения пользователем

В будущем, для возможного общения среди экологического сообщества будет уместно создание мобильного приложения, для развития лояльности клиента и его удержания.

Одним из самых трудозатратных технологических решений станет технологическая схема переработки контактных линз. В предыдущих разделах мы рассматривали тенденции рынка, а также методы переработки продуктов со схожим составом.

На основании проведенных исследований было принято решение создать комбинированную систему переработки, представленную на рисунке 2. Она будет включать в себя различные методы, так как на разных этапах переработки отдельные методы будут наиболее эффективны.

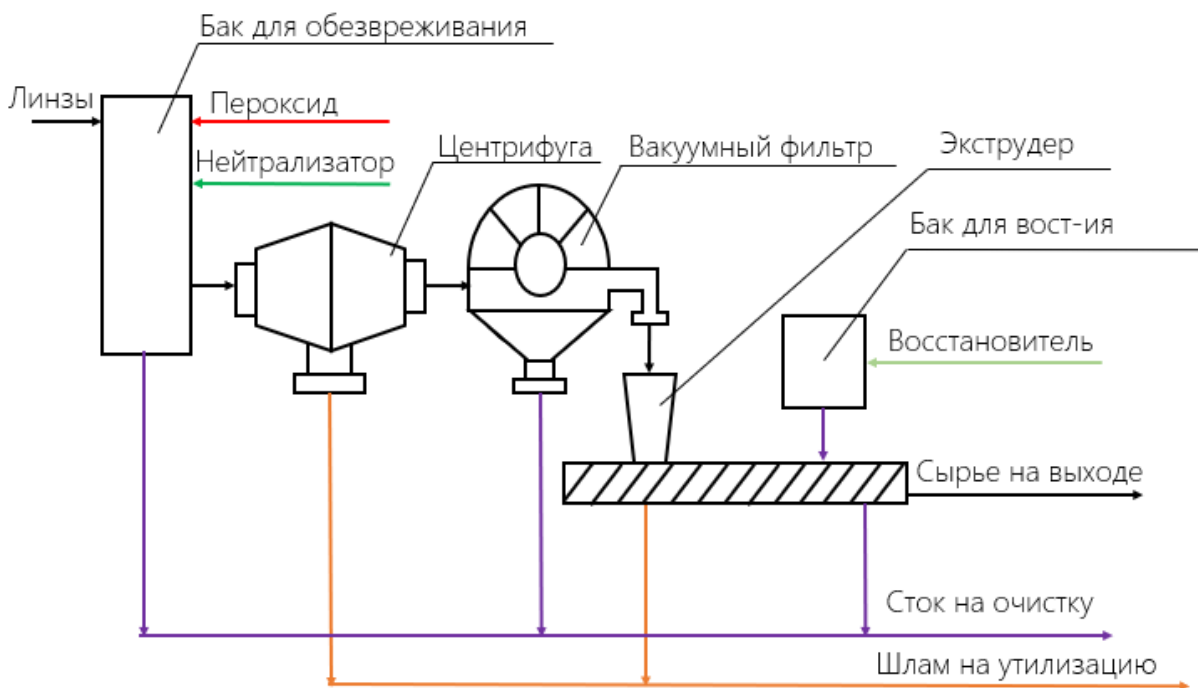


Рис. 2. Система переработки отработанных линз

Система разработана с учетом необходимого обезвреживания линз двухэтапным перексидным методом, затем применением физического метода отчистки от механических примесей отхода путем центрифугирования, последующей сшивки в экструдере с применением реагента, например гиалуроновой кислоты для стабилизации гидрогелевых свойств и возврата. Данная технология разработана на основе опыта ученых из Пенсильвании и Колорадо по восстановлению свойств гидрогелей для биомедицинских применений, что также открывает для нас один из дальнейших векторов развития проекта [4, 5].

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

Проект по сбору и переработке контактных линз является примером циклического производства и соответствует целям государства, где он планируется реализовываться по развитию Экономики замкнутого цикла и ESG-повестке. Комплексный подход позволяет минимизировать негативное воздействие на окружающую среду на всех этапах обращения с отходами, при этом влияя как на жизнь человека, так и на сохранение водных экосистем, достигая при этом сразу несколько целей устойчивого развития.

В рамках производственных практик были получены письма поддержки для реализации первых мероприятий: производства первых контейнеров и тестирование процесса сбора отработанных линз в общественных точках. Подобрана команда разработчиков

WEB-приложения, а также дизайнеры. В дальнейшем планируется привлечение грантовых средств на реализации следующих стадий проекта.

Список использованных источников

1. Анализ мировой практики в области обращения использованных контактных линз. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://science.itmo.ru/wp-content/uploads/2023/12/%D0%90%D0%BB%D1%8C%D0%BC%D0%B0%D0%BD%D0%B0%D1%85-2023-%D0%A2%D0%BE%D0%BC-3-%D0%A7%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%8C-1.pdf> (дата обращения: 13.01.2024).
2. Discover Our Recycling Process. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.terracycle.com/en-GB/brigades/acuvue> (дата обращения: 03.11.2023).
3. Рынок контактных линз — рост, тенденции, влияние covid-19 и прогнозы (2023–2028 гг.). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.mordorintelligence.com/ru/industry-reports/contact-lenses-market> (дата обращения: 28.10.2023).
4. Дробление объемных гидрогелей и переработка в гранулированные гидрогели для биомедицинских применений. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://app.jove.com/t/63867?language=Russian> (дата обращения: 28.01.2024).
5. Хирш М., Шарле А., Амстад Э. 3D-печать прочных и жестких гранулированных гидрогелей с двойной сеткой // Передовые функциональные материалы. – 2021. – №. 31 (5). – Р. 2005929.

Выпускник

Федорова Анастасия Юрьевна

факультет систем управления и робототехники

e-mail: anastasiaf933@hotmail.com

Научный руководитель

Маматов Александр Геннадьевич

к.т.н., руководитель группы научно-технического развития НПЦ «Прецизионная электромеханика»

e-mail: amamatov@itmo.ru

УДК 629.5.035.8

**РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ПОДВОДНОГО АППАРАТА
С МЕХАНИЗМОМ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОРИЕНТАЦИИ ВЕКТОРА
ТЯГИМАРШЕВОГО ДВИЖИТЕЛЯ**

Ключевые слова

АНПА, электропривод, механизм ориентации, система управления, сферический параллельный манипулятор.

Цели и задачи

Автономные необитаемые подводные аппараты (АНПА) представляют собой инновационные технологические устройства, способные проводить исследования и выполнять различные задачи на больших глубинах в водных пространствах. Главное преимущество АНПА заключается в их способности достигать значительных глубин и проводить длительные операции на больших расстояниях от базовых пунктов. Это делает их незаменимыми инструментами для изучения морских глубин, поиска месторождений полезных ископаемых, контроля состояния подводных инфраструктурных объектов, а также для решения задач в области охраны окружающей среды [1, 2]. В результате анализа существующих разработок в части движительно-рулевого комплекса было принято решение использовать сферический параллельный манипулятор в качестве механизма ориентации вектора тяги маршевого движителя. Целью выпускной квалификационной работы является разработка блока движительно-рулевого комплекса АНПА на основе сферического параллельного манипулятора. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи: разработка математической модели устройства, решение обратной задачи кинематики, исследование алгоритмов управления маршевым движителем и двигателями, приводящими механизм в движение, разработка эскизов модулей управления, полный подбор аппаратуры.

Основная часть (методология, результаты)

Сферический параллельный механизм состоит из двух платформ (подвижной и неподвижной), соединенных тремя одинаковыми кинематическими цепями. Каждая цепь состоит из двух звеньев (рычагов), соединенных между собой, а также с обеими платформами посредством вращательных шарниров. Оси всех этих шарниров пересекаются в одной точке – центре механизма [3]. Центральный вал разделен на две части, одна из которых имеет только одну вращательную степень свободы, а вторая перемещается вместе с подвижной платформой и имеет две вращательно-поступательных степени свободы. Части вала соединены между собой посредством универсального двухстепенного шарнира. Таким образом, механизм обеспечивает и ориентацию подвижной платформы, и вращение гребного вала (структура механизма представлена на рис. 1).

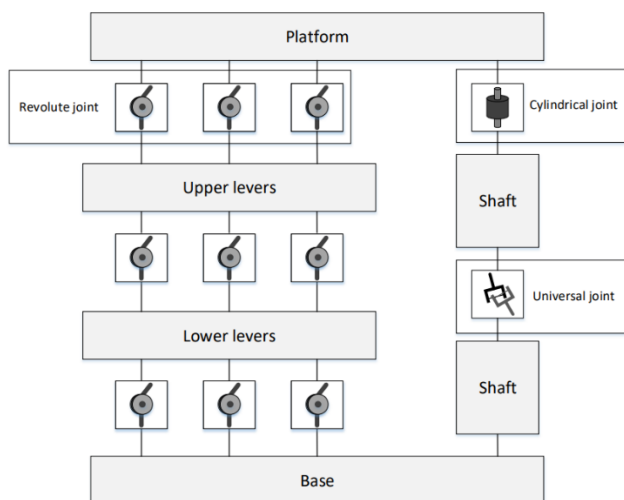


Рис. 1. Структурная схема механизма

В работе была реализована полная имитационная математическая модель механизма ориентации в среде Matlab/Simscapе (рис. 2). Такой подход упрощает разработку многозвенных и многодвигательных мехатронных устройств и визуализировать их работу.

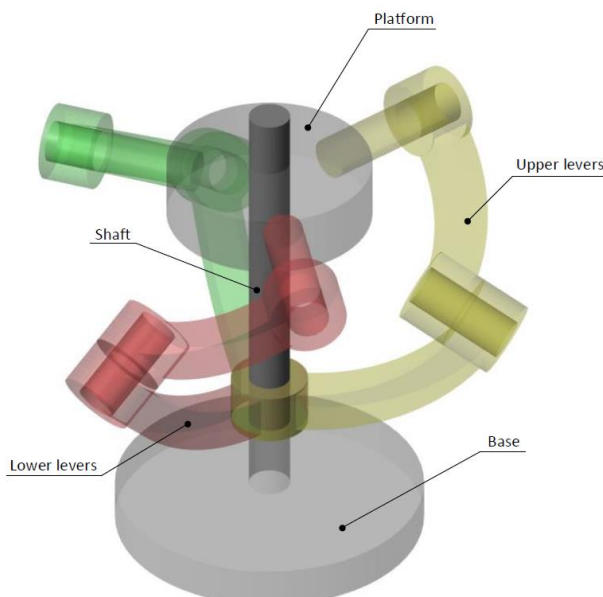


Рис. 2. Имитационная математическая модель механизма ориентации

Для определения требований к электрическим приводам устройства, была решена обратная задача кинематики для многозвенного механизма. После определения приводных точек (рис. 3), были выбраны электрические двигатели и синтезированы цифровые системы управления маршевым движителем и приводами рычагов устройства.

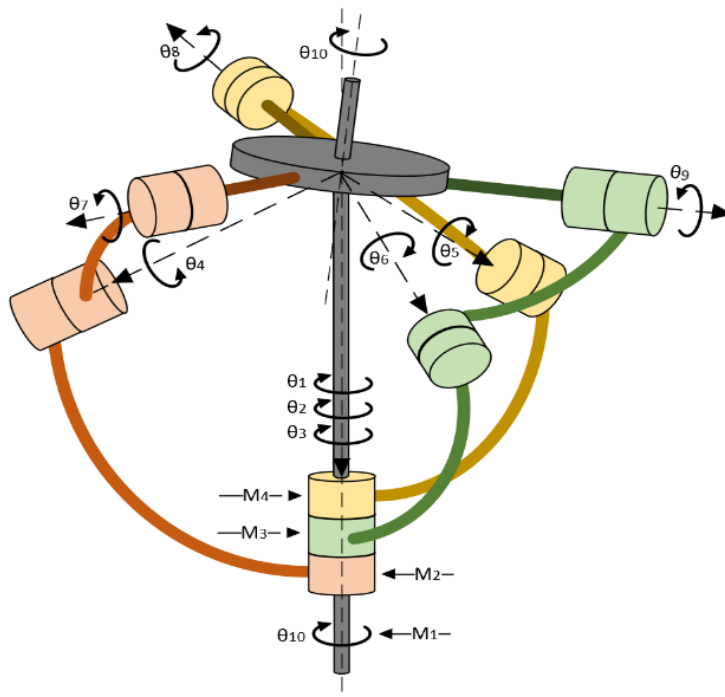


Рис. 3. Кинематическая схема механизма

Дальнейший переход от углов поворота рычагов к углам отклонения платформы (гребного винта) позволяет реализовать систему управления вектором тяги маршевого двигателя.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В рамках выпускной квалификационной работы была исследована модель сферического параллельного манипулятора, обеспечивающего ориентацию вектора тяги движителя АПА, синтезирована система управления и оценена реальность разработки.

В результате работы:

1. Достигнуто требование по возможности отклонения платформы от продольной оси АПА в 20 градусов при любом отклонении от осей X и Y, а также достигнут максимальный угол отклонения в 55.6 градусов по оси Z.
2. Разработаны приводы для управления рычагами и привод маршевого движителя. Определено количество приводных точек. Для привода рычагов было использовано управление положением на базе двигателей JCM38x36s. Для привода маршевого движителя – управление скоростью на базе двигателя 2ДБМ70-1,1-1,3-3. Привод маршевого движителя заимствуется из ранее разработанного в рамках работ по ОКР АПА.
3. Определены основные технические требования для сферического параллельного манипулятора.

Таким образом, результаты моделирования показали, что модель сферического параллельного манипулятора реализуема, а разработанная система управления отвечает всем заданным требованиям.

Список использованных источников

1. Матвиенко Ю.В., Костенко В.В., Щербатюк А.Ф., Ремезков А.В. Развитие технологического потенциала автономных необитаемых подводных аппаратов. // Подводные исследования и робототехника. – 2020. – С. 4–14.
2. Mondal K., Banerjee T., Panja A. Autonomous Underwater Vehicles: Recent Developments and Future Prospects. // International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET). – 2019. – Pp. 215–222.
3. Филаретов В.Ф., Лебедев А.В. Устройства и системы управления подводных роботов. // Монография, 2005. – 274 с.

Выпускник

Фирюлин Данил Романович

факультет систем управления и робототехники

e-mail: danil.firyulin18@mail.ru

Научный руководитель

Кинжагулов Игорь Юрьевич

к.т.н., доцент факультета систем управления и робототехники

e-mail: kinzhiki@mail.ru

УДК 620.179.17

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО
СОСТОЯНИЯ СФЕРОПЛАСТИКА В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

Ключевые слова

Сферопластик, блоки плавучести, глубоководный аппарат, плавучесть, непотопляемость, неразрушающий контроль, ультразвуковой контроль.

Цели и задачи

В настоящее время контроль технического состояния блоков плавучести из сферопластика сводится к использованию метода компьютерной томографии, однако использование данного метода подразумевает под собой демонтаж данных блоков с корпуса глубоководного аппарата. Использование ультразвукового метода контроля позволяет проводить контроль технического состояния без демонтажа непосредственно возле глубоководного аппарата. В связи с этим, целью данной работы является разработка методики ультразвукового контроля технического состояния блоков плавучести с целью повышения оперативности проведения контроля. Задачами данной работы является анализ состава и структурных особенности сферопластика, изучение изменения технического состояния блоков плавучести в процессе эксплуатации, экспериментальная апробация возможности анализа применения ультразвукового метода для проведения контроля и разработка алгоритма обработки результатов ультразвукового контроля технического состояния блоков плавучести из сферопластика.

Основная часть (методология, результаты)

В настоящее время непотопляемость и плавучесть глубоководных аппаратов обеспечивается за счет применения блоков плавучести из композиционного материала под названием сферопластик. Сферопластики различных марок используют в конструкциях

практически всех глубоководных аппаратов, так как именно данный материал способен полностью обеспечить непотопляемость аппарата. Использование именно данного материала в качестве блоков плавучести обусловлено его низкой плотностью, практически нулевым водопоглощением и свойством положительной плавучести. В процессе эксплуатации под постоянным воздействием гидростатического давления в блоках плавучести начинают возникать различные дефекты и трещины, в которые в дальнейшем, из-за постоянно прямого контакта с водой, начинает проникать вода, что с течением времени приводит к изменению степени водопоглощения материала и сферопластик теряет свойство положительной плавучести (рис. 1 [2]). В процессе эксплуатации блоки плавучести из сферопластика могут находиться в различных технических состояниях, которые определяют его работоспособность, надежность и долговечность [1]. Техническое состояние сферопластика оказывает существенное влияние на его функциональную эффективность и применимость в инженерных конструкциях. В дальнейшем изменение данных характеристик может привести к непоправимым последствиям.

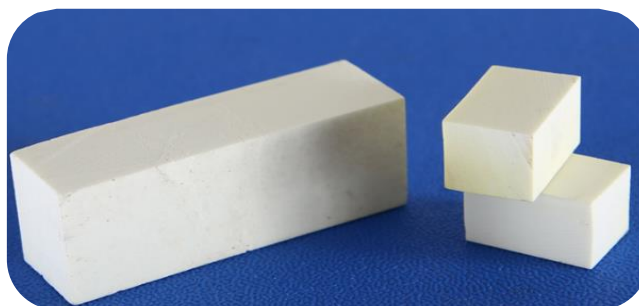


Рис. 1. Сферопластик марки СВП-1

Использование существующих методик контроля технического состояния блоков плавучести не позволяет оперативно проводить контроля, по этой причине было предложено разработать методику ультразвукового контроля.

Использование ультразвукового метода позволяет судить о техническом состоянии сферопластика благодаря эффекту акустоупругости. Данный эффект гласит о том, что изменение напряженно-деформируемого состояния материала сопровождается изменением его акустических характеристик [3, 4]. Таким образом, существует возможность судить об изменении технического состояния блоков плавучести по изменению скорости ультразвуковой волны в материале.

На основе эффекта акустоупругости в данной работе были проведены несколько экспериментов, направленных на исследование изменения акустических характеристик материала в зависимости от его технического состояния с применением средств ультразвукового контроля. Сводные результаты данных исследований приведены на рисунке 2.

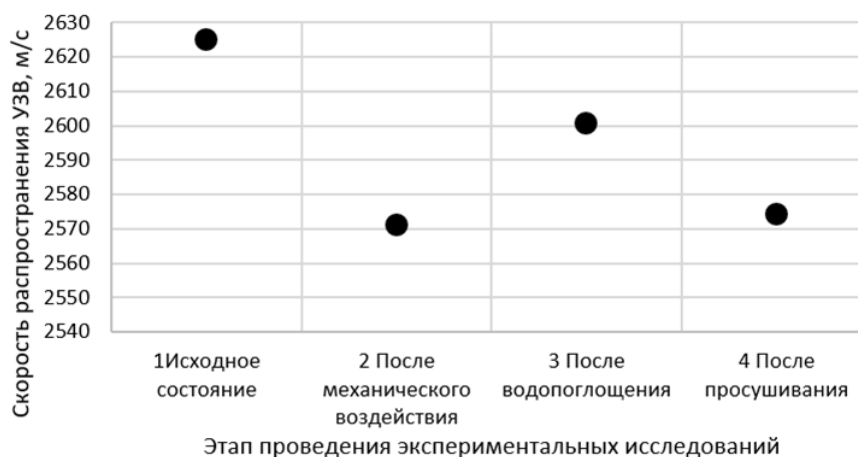


Рис. 2. Результаты изменений скорости распространения УЗВ в зависимости от технического состояния материала

Исследования показали, что в процессе трещинообразования скорость УЗВ (ультразвуковая волна) снижается в среднем на 55 м/с, а после помещения поврежденных образцов сферопластика в воду, скорость УЗВ вырастает на 30 м/с. Результаты данных экспериментов основаны на многократных исследованиях на множестве образцов сферопластика различных марок и размеров. Также опыты проводились на блоках плавучести, которые некоторое время были в непосредственной эксплуатации.

Все экспериментальные исследования положили основу для разработки методики ультразвукового контроля технического состояния блоков плавучести. Данная методика подразумевает под собой измерение скорости продольной УЗВ в объекте контроля по специальному алгоритму и дальнейшую обработку данных результатов с использованием образцов-свидетелей. На рисунке 3 представлен алгоритм обработки результатов контроля с применением установленного в данной работе браковочного порога.

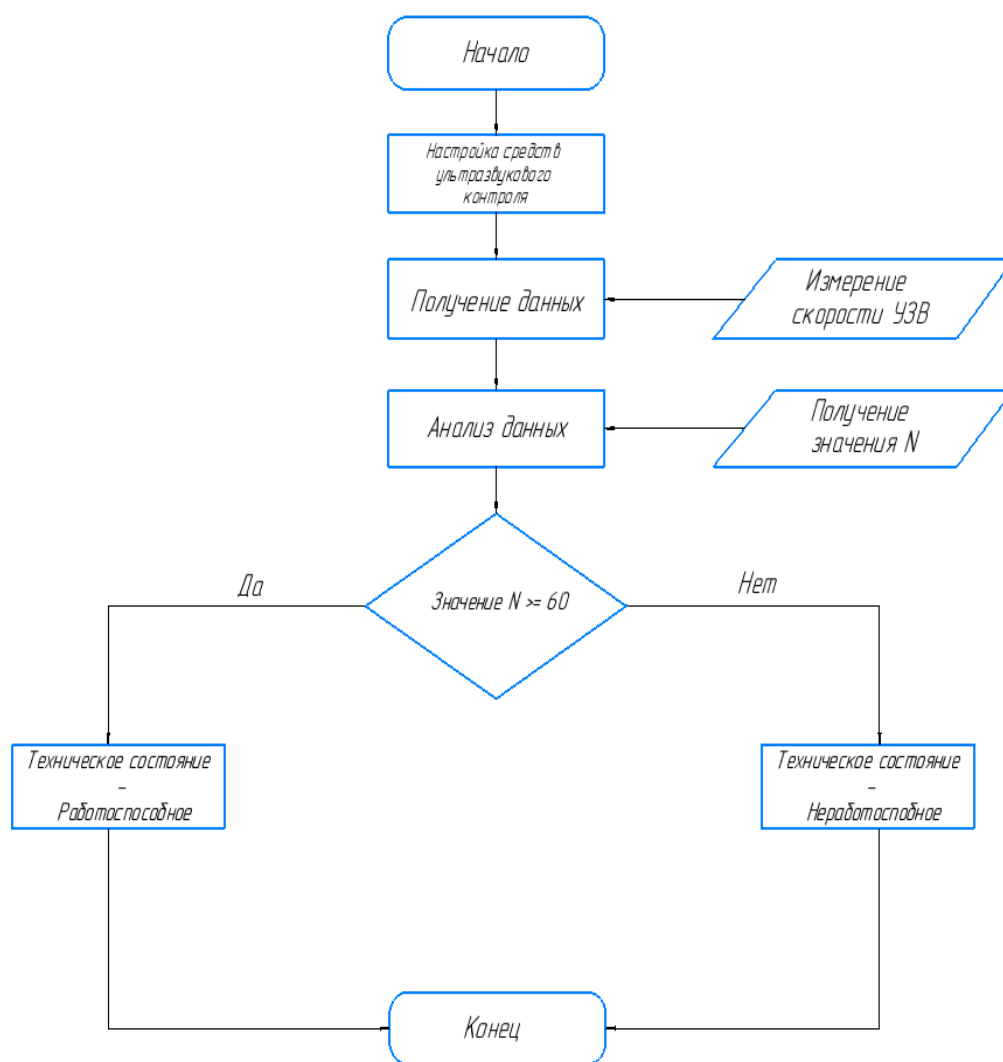


Рис. 3. Алгоритм обработки результатов ультразвукового контроля

Разработанный алгоритм состоит из настройки ультразвукового оборудования, проведения измерения и расчет коэффициента N , который в свою очередь основан на изменении скорости УЗВ в материале относительно скорости в бездефектном образце-свидетеле. В результате экспериментов браковочный порог установлен на уровне значения коэффициента, равного 60.

Основные положения разработанной методики приведены ниже.

- область применения методики (п. 1 Методики);
- комплект средств для проведения контроля (п. 2 Методики);

- процесс подготовки к проведению контроля (п. 3 Методики);
- проведение контроля (п. 4 Методики);
- обработка результатов контроля (п. 5 Методики).

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В данной работе выполнен анализ возможности применения ультразвукового метода для контроля технического состояния блоков плавучести из сферопластика. Разработан алгоритм обработки результатов ультразвукового контроля и методика, руководствуясь которой, у персонала будет возможность оперативно проводить контроль технического состояния блоков плавучести и, при необходимости, отбраковывать дефектные блоки. Также использование разработанной методики позволит проводить контроль и судить о техническом состоянии блоков непосредственно в процессе эксплуатации без необходимости демонтажа блоков плавучести с корпуса глубоководного аппарата, таким образом, использование данной методики существенно повысит оперативность контроля. В дальнейшем планируется разработка комплексной методики контроля, которая будет включать в себя обработку не только скорости УЗВ, но и другие акустические характеристики сферопластика (спектр, коэффициент затухания).

Список использованных источников

1. Федонюк Н.Н., Федоров Ю.П. Прогнозирование эксплуатационных характеристик блоков плавучести из сферопластиков при действии гидростатического давления. Труды ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова. – 2003. – Вып. 11(300). – С. 74–91.
2. Плешков А.В., Трофимов А.Н., Байков А.В., Смирнов А.А. Морфология и свойства полых стеклянных микросфер. Часть 2. О взаимосвязи геометрии полых стеклянных микросфер и их потребительских свойств. Пластические массы. – 2021. – №. (1-2). – С. 33–37.
3. Михайлин Ю.А. Конструкционные полимерные композиционные материалы. СПб, НОТ. – 2008. – 822 с.
4. Быченко В.А., Серый П.В., Фирюлин Д.Р., Кинжагулов И.Ю., Беркутов И.В., Алифанова И.Е. Экспериментальные исследования изменения акустических свойств сферопластиков. Дефектоскопия. – 2023. – №. 11. – С. 48–53.

Выпускник

Хабалова Анжела Робертовна
институт дизайна и урбанистики
e-mail: 371898@edu.itmo.ru

Научный руководитель

Степура Михаил Геннадьевич
к.арх.
e-mail: mikhail.stepura@mlaplus.ru

УДК 35.24.12 711.01

**РАЗРАБОТКА СТРАТЕГИИ РЕДЕВЕЛОПМЕНТА БЫВШИХ
ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ СМЕШАННОГО ТИПА
НА ПРИМЕРЕ Г. КАЗАНИ**

Ключевые слова

Редевелопмент, бывшие промышленные территории смешанного типа.

Цели и задачи

Целью исследование является разработка метода определения новой функции для редевелопмента бывших промышленных территорий смешанного типа и их приоритетного внедрения на примере г. Казань.

Задачи исследования:

- 1) обзор источников по предметной области,
- 2) создание метода приоритетного внедрения бывших промышленных территорий смешанного типа,
- 3) определение критериев оценивания территорий и их ограничений,
- 4) проверка метода исследования на примере г. Казань,
- 5) представление и интерпретация результатов,
- 6) формирование рекомендаций по внедрению метода.

Основная часть (методология, результаты)

Проблема неэффективно используемых промышленных и постпромышленных территорий и объектов актуальна для многих постиндустриальных городов России. В конце XX – начале XXI вв. участки за пределами фабричных объектов стали застраиваться жилыми районами, а сами промышленные предприятия перестали нести свою прямую функцию. Бывшие промышленные объекты стали барьером между историческим центром города и

активно развивающейся жилой застройкой. Однако постпромышленные районы сегодня обладают большим потенциалом для развития: выгодное расположение в структуре города, возможное наличие ОКН, историческая идентичность, оптимальная транспортная доступность, близость к водному каркасу города.

На данный момент в России отсутствует комплексная оценка состояния и внедрения постпромышленных территорий в городскую среду. Обратимся к практике Европы и США по использованию заброшенных промышленных объектов. Великобритания систематизировала информацию о технологиях восстановления объектов на сайте DEFRA [1], который содержит сведения достоинств и недостатков используемых технологий, область применения. По вопросам снижения экологических рисков сайт взаимодействует с 36 неправительственными и правительственными организациями и оказывает консультации для потенциальных инвесторов по вопросам реализации проектов [2].

Во Франции основным источником информации служит сайт SelecDEPOL. Сведения на сайте аналогичны DEFRA, но при этом данные дополнены аналитической информацией по таким параметрам, как эффективность экологических мероприятий и их стоимость; время, затраченное на проведение экологических мероприятий; уровень апробации технологий и частота использования метода. Представленные данные являются востребованной информацией при принятии решений об участии в инвестпроекте по реновации заброшенных промышленных объектов [2].

Метод для определения новой функции для бывших промышленных территорий состоит из нескольких этапов. Первоначально необходимо выделить из генерального плана функциональные зоны, подходящие для исследования. ФЗ подходит, если: территория относится к зонам смешанного использования производственной / коммунально-складской и жилой / общественно-деловой / многофункциональной зоне развития; территория ранее относилась к промышленной или коммунально-складской зоне, но в новой версии генплана изменила функцию.

Затем производится распределение зон по наиболее перспективному функциональному зонированию. Всего основных функций для редевелопмента было выбрано три: жилая, общественно-деловая и рекреационная. Распределение зон исследования состоит из нескольких принципиальных условий (рис. 1).



Рис. 1. Распределение функциональных зон по перспективному использованию

Далее необходимо дать оценку каждой зоне по группам критериев. Критерии были отобраны с опорой на обоснование генплана Казани, исходя из современных нормативных требований к проектированию, специфических особенностей промышленных территорий.

Группы критериев следующие: экологическое положение, планируемая транспортная инфраструктура, планируемая социальная инфраструктура, ограничения и возможности участка, возможное усиление связности объектов природно-рекреационного комплекса. Для каждого из приоритетных направлений для внедрения своя комбинация групп критериев (рис. 2).



Рис. 2. Группы критериев с весовым коэффициентом (балл группы) для приоритетных направлений для внедрения

Для оценки каждой функциональной зоны есть свои группы критериев, обладающие баллом группы. В сумме все баллы групп дают 100. Баллы корректируются критериями, имеющими свой весовой коэффициент и показатель, у которого, в свою очередь также имеется весовой коэффициент.

Подсчет баллов в каждой группе критериев происходит горизонтально, путем построчных расчетов по формуле:

$$B = \sum(B_i^\Gamma + K_i^{BKK} + K_k^{BKП}),$$

где B – итоговый средневзвешенный балл (0-100); B_i^Γ – балл группы; K_i^{BKK} – весовой коэффициент критерия; $K_k^{BKП}$ – весовой коэффициент показателя.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

После подсчета оценок формируются схема с приоритетным использованием жилой, общественно-деловой и рекреационных функций (рис. 3).

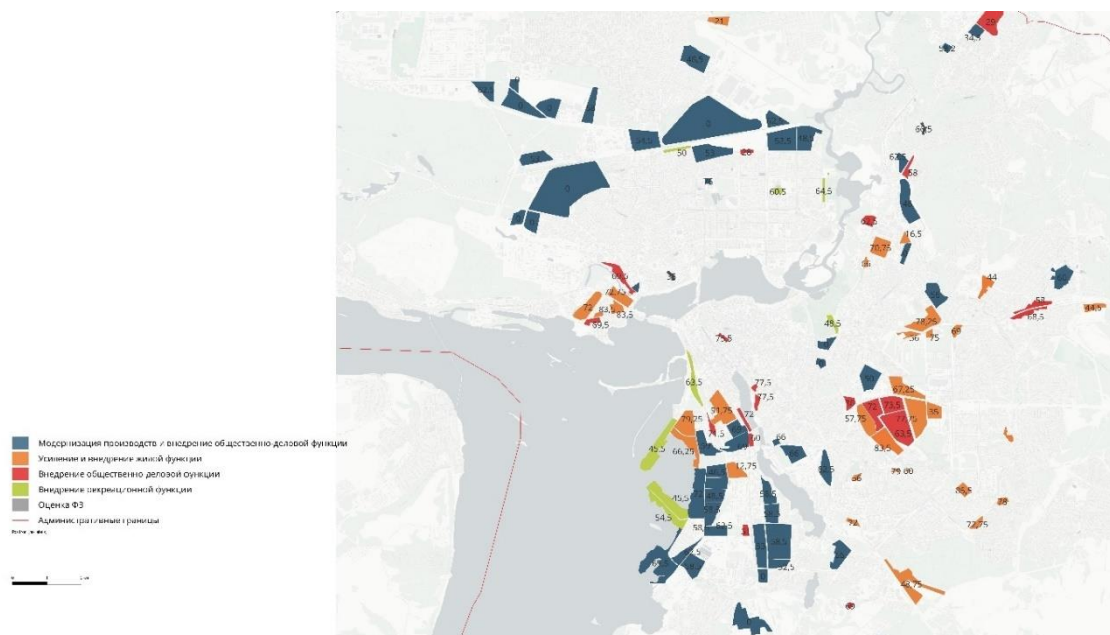


Рис. 3. Приоритетная схема использования бывших промышленных территорий смешанного типа

При присвоении ФЗ баллов в диапазоне от 60 до 100 – целесообразность редевелопмента высокая, в диапазоне от 40 до 60 баллов – средняя, до 40 баллов – низкая.

Таким образом, установлено число ФЗ, с высокой, средней и низкой вероятностью редевелопмента, для каждой из этих групп предприятий необходимо предлагать свои стратегии дальнейшего развития:

- 1) редевелопмент целесообразен для жилой функции – 23,
- 2) редевелопмент целесообразен для общественно-деловой функции – 29,
- 3) редевелопмент целесообразен для рекреационной функции – 3,
- 4) целесообразно рассмотрение вопроса о редевелопменте – 59,
- 5) редевелопмент не целесообразен – 13.

На данный момент в Татарстане отсутствует открытая и общедоступная платформа, на которой можно было бы в свободном доступе увидеть комплексное состояние бывших промышленных территорий смешанного типа, а также их возможную инвестиционную привлекательность. На ней любой желающий может посмотреть всю необходимую информацию об участке: начиная с общедоступных данных, таких как площадь участка, количество участков, вид разрешенного использования, заканчивая информацией о перспективном направлении использования, формы передачи инвестору и инфраструктуры на участке.

Создание подобной онлайн платформы позволило бы систематизировать информацию о сведениях достоинств и недостатков территорий, их возможностей и ограничениях использования. Разрабатываемый метод позволяет дать представление о перспективном направлении использования участков, что несомненно, является привлекательным для потенциальных инвесторов по вопросам реализации проектов.

Разработанный метод может быть применен как часть предпроектного комплексного градостроительного анализа для подбора площадки редевелопмента бывших промышленных территорий смешанного типа или как основание для составления технического задания на редевелопмент. Внедрение бывших промышленных территорий смешанного типа в структуру города благоприятно скажется на экономической составляющей города, а также улучшит экологическую ситуацию, доступность и проницаемость территорий.

Список использованных источников

1. The Department for Environment, Food and Rural Affairs (DEFRA). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.vrandd.DEFRA.gov.uk/Default.aspx?Menu=Menu&Module=More&Location=Non-e&Completed=0&ProjectID=16184> (дата обращения: 20.06.2024).
2. Дворядкина Е.Б., Тарасова Д.И. Опыт зарубежных стран в использовании промышленных территорий и его проецирование на ситуацию в России // Деловой вестник предпринимателя. – 2023. – №. 2. – С. 10–14.

Выпускник

Харитонов Дмитрий Эдуардович
институт прикладных компьютерных наук
e-mail: dimonha01@gmail.com

Научный руководитель

Сергушичев Алексей Александрович
к.т.н., доцент факультета информационных технологий и программирования
e-mail: alserg@itmo.ru

УДК 004.051

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ АНАЛИЗА
ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ ПАСВЕЕВ**

Ключевые слова

Дифференциальные пасвеи, дифференциальная экспрессия, GSEA.

Цели и задачи

Анализ дифференциальных пасвеев — это широко используемый подход к пониманию процессов, которые различаются между двумя клеточными состояниями, основанный на анализе заранее известных пасвеев. Для проведения анализа доступно множество инструментов, каждый из которых использует разные подходы для выявления дифференциальных пасвеев и имеет различные достоинства и недостатки. В литературе описаны различные факторы, приводящие к ложным результатам [1, 2], но отсутствовали комплексные рекомендации по выбору инструмента для анализа, наиболее подходящего для конкретной цели исследования и характеристиках исходного датасета. Таким образом, целью данной работы является разработка рекомендаций по выбору подходящего метода анализа дифференциальных пасвеев в контексте различных экспериментальных сценариев.

Основная часть (методология, результаты)

В рамках работы методы тестировались на двух типах данных: реальных, которые отражают комплексные взаимодействия, присущие биологическим данным, и симулированных, которые позволяют вручную регулировать различные внешние и внутренние эффекты. Для сравнительного анализа использовались популярные методы анализа дифференциальных путей: FGSEA (Fast Gene Set Enrichment Analysis) с log fold change и модулем moderated t-statistics в качестве входных данных, FGSEA_SE (Fast Gene Set Enrichment Analysis Standard Error) новая вариация FGSEA, находящаяся в стадии разработки,

CAMERA (Correlation Adjusted MEan RANk gene set test) с автоматическим определением уровня межгенных корреляций и с фиксированным значением 0.05, ORA (Over-Representation Analysis) и GSVA (Gene Set Variation Analysis).

Сначала методы тестировались на крупном датасете, состоящем из 50 реплик M0 и 50 реплик M1 макрофагов человека. Для теста и контроля в эксперименте были взяты только клетки M0, ожидая, что точный метод покажет количество путей с p-значением < 0.05 приблизительно равным 5% от общего числа путей.

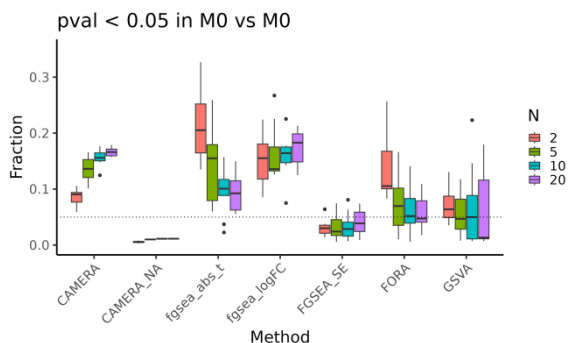


Рис. 1. Числи пасвеев с р-значением меньше 0.05

В результате было обнаружено, что CAMERA, FGSEA и ORA не контролируют число ложноположительных результатов при различных количествах тестируемых реплик (рис. 1). Версия CAMERA с автоматическим определением межгенных корреляций, напротив, занижает количество положительных результатов. GSVA и FGSEA_SE показали удовлетворительные результаты.

Далее эксперимент был расширен до GEO2KEGG (42 датасета) и TCGA (18 датасетов), а также до двух наборов путей: GO-pathways и KEGG (рис. 2).

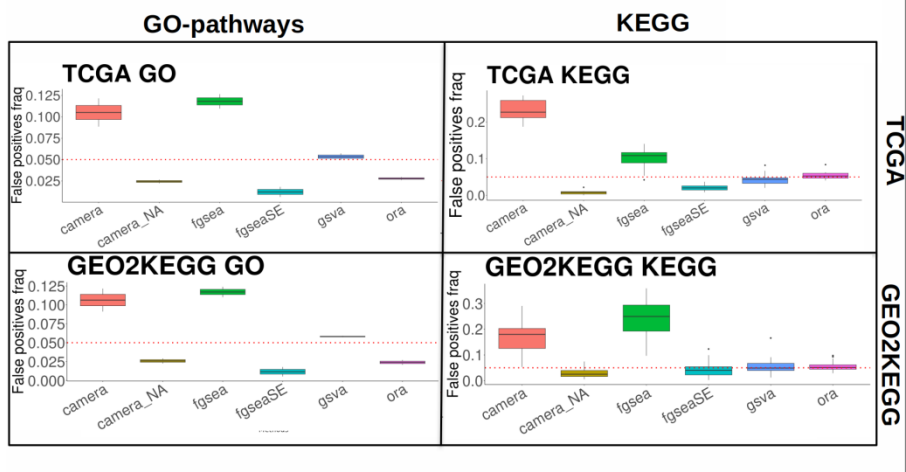


Рис. 2. Количество пасвеев с р-значением меньше 0.05 в экспериментах с различными датасетами и наборами пасвеев

Результаты в основном совпадали с предыдущим экспериментом, однако ORA показала сильную зависимость от набора путей. Это согласуется с литературными данными, в которых отмечается, что ORA более вероятно будет отмечать крупные пути как дифференциально экспрессированные, ввиду особенностей методики.

Для дальнейших экспериментов был разработан алгоритм симуляции данных дифференциальной экспрессии. В симуляции задавались общее количество генов, количество положительно и отрицательно регулируемых генов, уровень дифференциальной экспрессии, уровень шума и его корреляция, количество путей, их размер, количество генов с

коррелированным шумом внутри пути, и количество реплик. В данном эксперименте за настоящие дифференциально экспрессированные пути принимались пути, содержащие по крайней мере один дифференциально экспрессированный ген.

В простой симуляции, где не было задано дифференциальной экспрессии, а только некоррелированный шум, только GSVA генерировал ложноположительные результаты. Далее были протестированы различные комбинации количества положительно и отрицательно регулируемых генов. Было показано, что дисбаланс общей дифференциальной экспрессии в одну из сторон (когда количество положительно или отрицательно регулируемых генов сильно превышает количество противоположно регулируемых генов) увеличивает количество ложноположительных результатов у FGSEA с использованием log fold change, у обеих вариаций CAMERA и GSVA.

В последнем эксперименте не было задано дифференциальной экспрессии, только 1% из 10000 генов имел коррелированный шум, в то время как шум для остальных генов не был коррелирован (рис. 3).

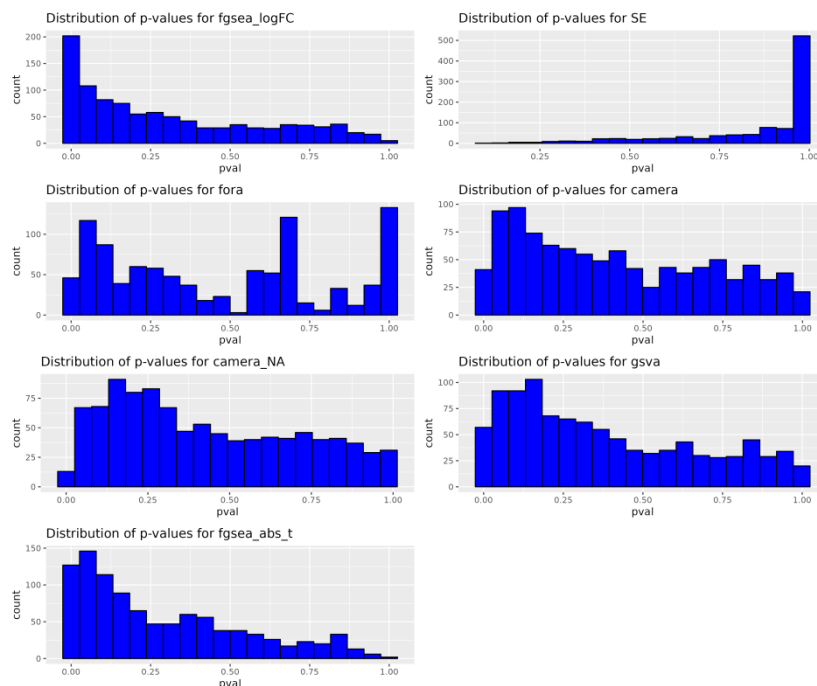


Рис. 3. Распределение p-значений в эксперименте со скоррелированным шумом

В результате было показано, что все тестируемые методы, кроме FGSEA_SE, восприимчивы к межгенным корреляциям. FGSEA_SE во всех экспериментах проявил себя как крайне консервативный метод, значительно занижая число положительных результатов.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

Основываясь на данных, полученных в симуляции различных комбинаций дифференциально экспрессированных генов, было выяснено, что ORA и FGSEA с модулем moderated t-statistics находят ряд уникальных дифференциально экспрессированных пасеев, которые не идентифицируются другими методами. Эти двунаправленные пасееи имеют приблизительно равное количество положительно и отрицательно регулируемых генов и средний уровень дифференциальной экспрессии, близкий к нулю. Это происходит из-за разницы в смысловом определении дифференциально экспрессированного пасееи, лежащем в основе работы метода [3]. Остальные инструменты считают дифференциально экспрессированными только однонаправленные пасееи, что не всегда положительно

сказывается на результате эксперимента. Помимо этого, было показано, что использование модуля входящей статистики может отрицательно сказываться на чувствительности метода в случае большого количества дифференциально экспрессированных генов, независимо от направленности пасеев. Это связано с особенностями процедуры ранжирования по уровню входящей статистики при анализе генов в пасее.

Основываясь на полученных результатах, рекомендуется использовать ORA и FGSEA с модулем moderated t-statistics в случае, если необходимо анализировать не только однонаправленные пасеи. В случае необходимости строго контролировать количество ложноположительных результатов, рекомендуется использовать FGSEA_SE. Если наличие ложноположительных результатов не является критичным для эксперимента и необходимо детектировать как можно больше пасеев, рекомендуется использовать FGSEA с одним из вариантов входящей статистики. Помимо этого, стоит обратить внимание на общую направленность и количество дифференциально экспрессируемых генов в тестируемом датасете.

В результате нашей работы были выявлены слабые и сильные стороны ряда популярных методов анализа дифференциальных пасеев, показаны причины возникновения ряда ложноположительных и ложноотрицательных результатов. Помимо этого, были разработаны рекомендации по выбору метода в зависимости от заданного сценария эксперимента.

В дальнейшей работе возможна имплементация алгоритма подбора наиболее подходящего под датасет метода анализа в виде единого программного пакета.

Список использованных источников

1. Alexander C. Zambon et al. GO-Elite: A flexible solution for pathway and ontology over-representation // *Bioinformatics* 28 (16 Aug. 2012). – Pp. 2209–2210. DOI: 10.1093/bioinformatics/bts366.
2. Shi J., Walker M.G. Gene Set Enrichment Analysis (GSEA) for Interpreting Gene Expression Profiles // *Current Bioinformatics* 2. – 2007. – Pp. 133–137. DOI: 10.2174/157489307780618231.
3. Mitra Ebrahimpoor et al. Simultaneous enrichment analysis of all possible gene-sets: unifying self-contained and competitive methods // *In: Briefings in bioinformatics* 21.4. – 2020. – Pp. 1302–1312.

Выпускник

Харлов Леонид Игоревич

институт дизайна и урбанистики

e-mail: l.kharlov.sas@gmail.com

Научный руководитель

Митягин Сергей Александрович

к.т.н., директор института дизайна и урбанистики

e-mail: mityagin@itmo.ru

УДК 303.094

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ВНУТРИГОРОДСКОГО ПРОСТРАНСТВЕННОГО
НЕРАВЕНСТВА: НЕРАВНОМЕРНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УДОБСТВ В
ГОРОДАХ МИРА / MODELLING INTRACITY SPATIAL INEQUALITY:
UNEVEN DISTRIBUTION OF AMENITIES IN WORLD CITIES**

Ключевые слова

Пространственное неравенство, открытые данные, масштабирование городов, городские модели, социально-экономические атрибуты, районирование, городское развитие.

Цели и задачи

Целью работы является создание методики моделирования внутригородского пространственного неравенства. Задачи включают (1) разработку методов валидации и агрегации городских данных, (2) создание индексов для оценки пространственного неравенства, (3) изучение трендов в созданных городских моделях, (4) демонстрацию практического применения методики.

Основная часть (методология, результаты)

Пространственное неравенство создает проблемы как на личном, так и на макроэкономическом уровне, негативно влияя на досуг, социальные связи и качество жизни, в конечном итоге замедляя общий социально-экономический прогресс [1]. Однако пространственные ловушки не всегда заметны — особенно на внутригородском уровне, так как группы населения в неблагоприятном положении легко не услышать, а популярные индексы — такие как Индекс качества городской среды [2] — зачастую освещают проблемы исключительно межгородского масштаба.

Для измерения пространственного неравенства внутри городов в данной работе предлагается методика, ориентированная на распределение удобств. Основные этапы

методики включают: (1) проверку качества данных, (2) разбиение города на районы-кластеры, (3) оценку насыщенности районов удобствами и (4) оценку уровня пространственного равенства. Результат — городские модели, позволяющие проводить как локальный анализ, так и масштабные статистические исследования, выявляющие взаимосвязи между неравенством и другими экономическими и социальными переменными. Схема методики, включающая также необходимые входные данные и использованные источники, представлена на рисунке.

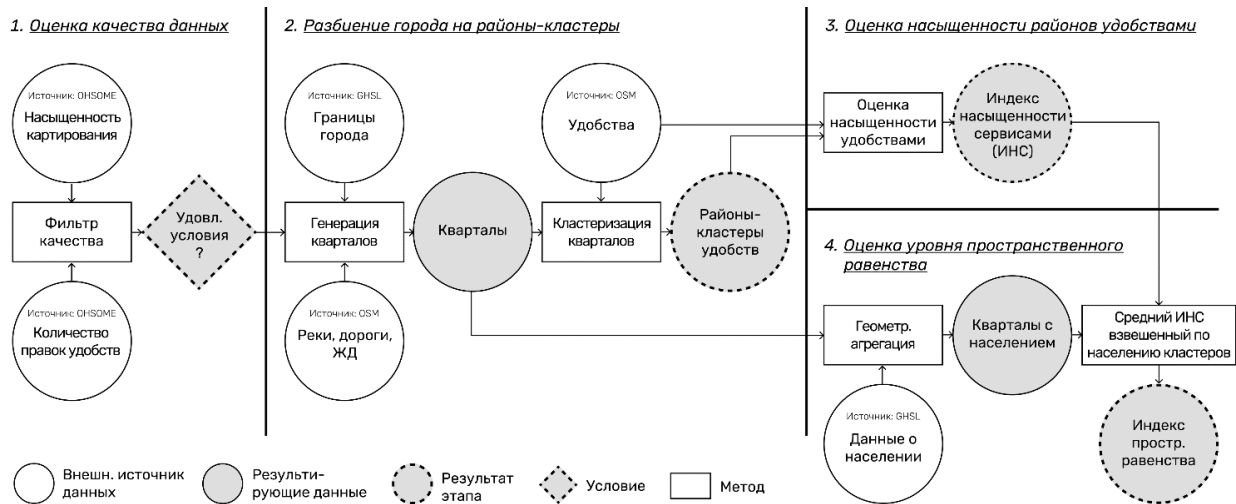


Рисунок. Схема разработанной методики

Работа методики в локальном сценарии продемонстрирована на Санкт-Петербурге и в глобальном сценарии — на выборке из 1759 агломераций, прошедших проверку на качество данных об удобствах. В результате был обнаружен дефицит качественных данных в городах, обладающих меньшей площадью, населением и ВВП — большинство таких городов находится в Африке и Азии. Также по итогам глобального анализа были выявлены следующие закономерности: отрицательная корреляция между уровнем пространственного равенства города и численностью населения, площадью и ВВП, а также положительная корреляция уровня пространственного равенства и плотности населения. Кроме того, обнаружено, что коэффициенты масштабирования количества удобств по отношению к численности населения на уровне городов (0.816) и на уровне выявленных кластеров (0.878) схожи, чего не было замечено ранее в исследованиях, посвященных законам масштабирования [3].

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В ходе работы была проанализирована актуальная литература о пространственном неравенстве и разработана автоматизированная методика для его моделирования. Данная методика может применяться как работниками администраций для выявления отстающих территорий в городах, поиска субцентров и создания мастер-планов, так и учёными, изучающими города, — для поиска глобальных и региональных закономерностей.

Повышение качества данных, расширение спектра анализируемых переменных и приспособление под новые задачи — основные направления для развития методики. К примеру, в будущем можно использовать проприетарные данные об удобствах, включить данные о качестве сервисов и исследовать связи между благополучием горожан и пространственным равенством.

Список использованных источников

1. Deaton A. Health, Inequality, and Economic Development // Journal of Economic Literature. – 2003. – Vol. 41. – №. 1. – Pp. 113–158.
2. Индекс качества городской среды. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://индекс-городов.рф/> (дата обращения: 20.05.2024).
3. Arcaute E., Ramasco J.J. Recent advances in urban system science: Models and data // PLoS ONE / ed. Rybski D. – 2022. – Vol. 17. – №. 8. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0272863>.

Выпускник

Хохлова Полина Владимировна

факультет технологического менеджмента и инноваций

e-mail: polinakremerr@gmail.ru

Научный руководитель

Николаев Андрей Сергеевич

к.э.н., доцент факультета технологического менеджмента и инноваций

e-mail: nikand@itmo.ru

УДК 347.77

**ФОРМИРОВАНИЕ КОРПОРАТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТЬЮ ОРГАНИЗАЦИИ
В ОБЛАСТИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ**

Ключевые слова

Управление интеллектуальной собственностью, корпоративная система управления, проблемы управления интеллектуальной собственностью, электроэнергетика, патентный анализ.

Цели и задачи

Целью исследования является разработка рекомендаций по управлению интеллектуальной собственностью для предприятий электроэнергетической отрасли на примере ПАО «Россети Ленэнерго».

Задачи исследования:

- 1) раскрыть научные основы управления интеллектуальной собственностью как области менеджмента,
- 2) рассмотреть подходы к управлению интеллектуальной собственностью,
- 3) выявить отраслевые особенности корпоративного управления интеллектуальной собственностью в области электроэнергетики,
- 4) проанализировать современные мировые технологические тенденции в области электроэнергетики,
- 5) выявить проблемы и сформулировать рекомендации по совершенствованию корпоративного управления интеллектуальной собственностью в области электроэнергетики.

Основная часть (методология, результаты)

В сложившихся геополитических условиях вопрос о формировании успешной корпоративной системы УИС компаний, функционирующих в области электроэнергетики,

обозначен особенно остро. Отток зарубежных технологий с российского рынка неизбежно приводит к возрастанию спроса на отечественные аналоги, однако компаниям-производителям электротехнического оборудования необходимо обратить особое внимание на особенности УИС при условии текущих тенденций.

По результатам проведенного патентного анализа можно предположить, что текущий вектор развития зарубежных технологий в области электроэнергетики отличается от направлений разработок отечественных компаний. При этом в целом мировой рынок не имеет строгих барьеров для входа (лишь 9% патентных семейств находятся в портфелях ключевых игроков). Достаточно крупная часть зарубежного рынка технологий электроэнергетики охвачена японскими компаниями, однако все из представленных ключевых игроков прекратили поставки высокотехнологичного оборудования на российский рынок.

Такие изменения на отечественном рынке представляются благоприятными для российских компаний-производителей электротехнического оборудования ввиду снижения конкуренции со стороны зарубежных корпораций.

Тем не менее, сложившаяся ситуация является малопредсказуемой, и при условии возвращения зарубежных компаний на российский рынок, необходимо учитывать вероятность появления патентов зарубежных заявителей (благодаря системе РСТ), права на которые будут подлежать охране на территории РФ (рис. 1).

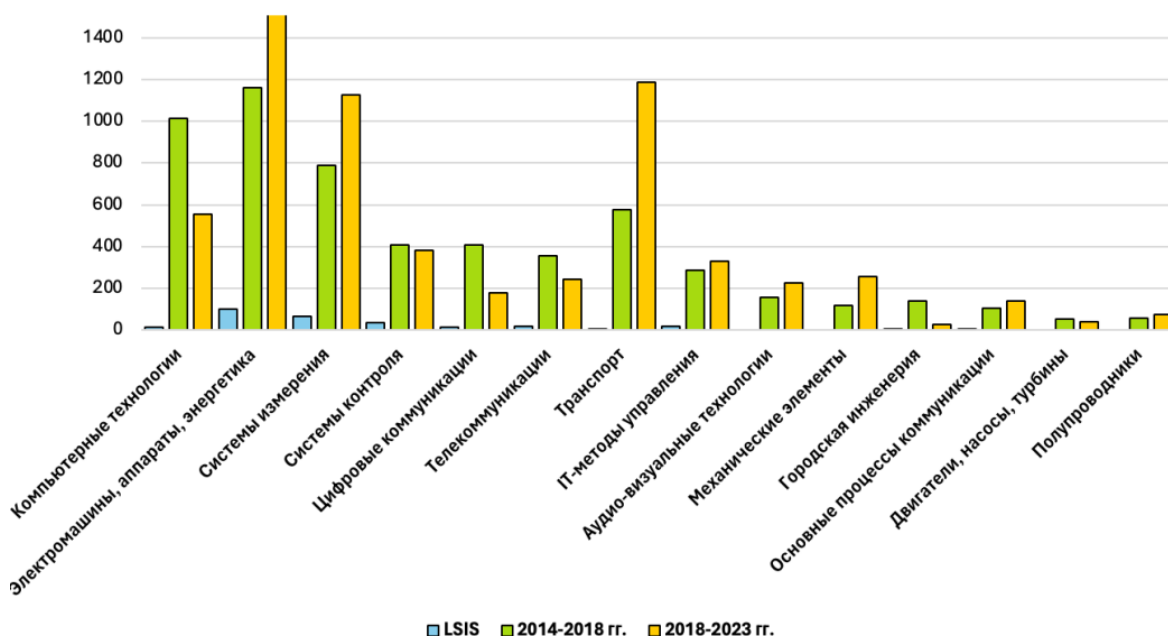


Рис. 1. Сравнительная гистограмма количества зарубежных патентных документов с точки зрения потенциального получения правовой охраны на территории РФ

В представленную гистограмму также была включена южнокорейская компания «LSIS», производящая низковольтное и высоковольтное электрооборудование и автоматизированные системы управления, поскольку она является единственной организацией, имеющей действующее официальное представительство в РФ.

В совокупности с анализом текущих тенденций в области электроэнергетики, можно предположить, что в краткосрочной перспективе отечественный рынок будут потрясать волны спроса на уникальные технологии, которые покинули рынок России.

Процесс импортозамещения в таком случае будет способствовать достижению баланса на отечественном рынке продукции электроэнергетики, однако производители неизбежно столкнутся с недостаточной охраноспособностью своих разработок. Такой подход, несомненно, заблокирует некоторые пути коммерциализации, однако позволит освоить новые технологии, что потенциально сформирует крепкий базис для их качественного развития.

Так, например, ввиду одновременного ухода зарубежных компаний-производителей систем SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) с российского рынка электроэнергетического оборудования, можно предположить, что в долгосрочной перспективе текущие разработки в данной области станут базисом для развития систем автоматизированного управления, которые будут участвовать не только в оперативном и перспективном контроле производственных процессов, но и в планировании целых энергосистем [1].

Данная гипотеза обусловлена наличием многолетнего опыта отечественных специалистов в проектировании, строительстве и поддержании работы энергостанций разных типов, а также глобальной тенденцией внедрения искусственного интеллекта во все сферы профессиональной деятельности человека.

Потребность в таких системах подтверждается ежегодными авариями на электростанциях, происходящих, помимо всего прочего, по вине проектировщиков. Ввиду этого можно предположить, что в долгосрочной перспективе спрос на такие системы управления простимулирует и ускорит начало разработок в данной области.

Рассмотренная выше возможность получения правовой охраны патентов зарубежных компаний на территории РФ может значительно повлиять на отечественный рынок технологий. В связи с этим целесообразно рассмотреть текущие направления НИОКР ведущих российских компаний в области электроэнергетики (рис. 2).



Рис. 2. Доля мероприятий НИОКР холдинга ПАО «Россети» по технологическим нишам

Сравнивая полученные результаты с гистограммой количества зарубежных патентов, которые могут получить правовую охрану на территории РФ в случае изменения условий на отечественном рынке, можно выделить следующее:

- 1) большое количество мероприятий НИОКР в России ведется в рамках технологических сегментов «Системы контроля» и «Электромшины, аппараты, энергетика», однако данные области характеризуются высоким уровнем конкуренции на зарубежном рынке технологий,
- 2) ниши, связанные с IT-менеджментом, представляются смежными с направлениями выше, поэтому их можно свободно занять в рамках стратегии расширения патентного портфеля с точки зрения зонтичного патентования,
- 3) в России недостаточное количество НИОКР в областях «Городская инженерия» и «Цифровые коммуникации», однако в связи с тем, что мировая патентная коллекция характеризуется низким уровнем конкуренции, данные области представляются открытыми для технологий импортозамещения,

4) не представленные в диаграмме сферы, несмотря на незаинтересованность российских компаний в проведении по ним мероприятий НИОКР, имеют минимальный риск повышения конкуренции ввиду получения правовой охраны зарубежных патентов в РФ.

Помимо этого, в целях устойчивого и непрерывного инновационного развития современным электроэнергетическим компаниям приходится учитывать актуальные тенденции не только технологических решений, но и корпоративной системы управления инновационным процессом и ИС.

Рассмотрение системы УИС компаний, входящих в группу ПАО «Россети» [2], позволило смоделировать и проанализировать ее сильные и слабые стороны.

При рассмотрении Положения об организации изобретательской деятельности компании, входящей в холдинг ПАО «Россети», следует отметить следующие факты.

Во-первых, в соответствии с Положением, автор является ответственным за создание служебного изобретения, проведение патентного поиска и патентных исследований, направление уведомления о создании служебного изобретения, проекта Договора о передаче прав и проекта заявки на регистрацию в Роспатенте, а также за направление такой заявки и контроль хода ее исполнения до выдачи охранного документа.

Во-вторых, ответственное подразделение (департамент технологического развития и инноваций, ДТРИИ) имеет достаточно узкий перечень функций применительно к описанному процессу. Конкретно, оно практически не задействовано в подпроцессе организации правовой охраны служебных РИД.

В-третьих, на направление заявки на регистрацию служебного изобретения и контроль хода ее исполнения автору предоставляется 4 месяца с даты направления уведомления о подготовке заявки.

В-четвертых, в соответствии с текстом Положения процесс изобретательской деятельности предполагает создание исключительно изобретений.

В целях оптимизации описанного процесса корпоративного УИС компаниям, входящим в состав группы компаний ПАО «Россети» предлагается проведение следующих корректировок, реорганизаций и мероприятий:

- 1) передача части полномочий автора ответственному подразделению или штатному специалисту по ИС подразделения, инициировавшего разработку. Это позволит сократить время обработки данной задачи, а также повысить результативность ее выполнения,
- 2) организация проведения технологического форсайта и принятия управленческого решения о выборе режима правовой охраны служебного РИД до начала реализации обеспечения правовой охраны РИД. Это позволит сократить расходы на пошлины, уплачиваемые за подачу заявки и проведение экспертизы, а также за привлечение услуг патентных поверенных,
- 3) оптимизация сроков подачи заявки в Роспатент с момента подачи уведомления о ее подготовке. Рекомендуется сократить данный период, например, до трех месяцев (поквартально), что позволило бы упростить принятие отчетности по НИОКР,
- 4) расширение применения Положения к служебным полезным моделям, промышленным образцам и служебным произведениям; описание структуры и специфики процесса управления разными видами ОИС.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

Таким образом, можно предположить, что сформированная российскими компаниями технологическая база развития по направлениям компьютерных и IT-технологий управления, а также систем измерения позволит им достаточно быстро освоить новые технологии и обеспечить их качественное развитие. В то же время при освоении новых технологий систем

контроля и электротехнического оборудования российским компаниям необходимо принимать во внимание вероятность возрастания технологической конкуренции с зарубежными организациями при изменении ситуации на отечественном рынке. С другой стороны, в данном случае можно порекомендовать Системному оператору проведение мероприятий по лоббированию отечественных технологий, например, путем внедрения строгих технических регламентов в отношении электротехнического и связанного с ним оборудования систем контроля. Это обеспечит успешное формирование технологического базиса для развития отечественных технологий в данной области.

Подводя итог, стоит отметить, что система управления интеллектуальной собственностью организаций, входящих в группу компаний ПАО «Россети», при учете ее высокой роли в стратегических документах инновационного развития, имеет ряд слабых мест. Предложенные меры позволят усовершенствовать данную систему в части оптимизации временных, трудовых и финансово-экономических расходов. Более того, ведущиеся реорганизации в группе компаний представляются благоприятным периодом для внедрения предложенных выше решений по совершенствованию корпоративной системы УИС.

Список использованных источников

1. Orbit Intelligence – Patent Analytics & Search Software. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.orbit.com/> (дата обращения: 15.02.2024).
2. ПАО «Россети». Компания. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.rosseti.ru/company/> (дата обращения: 11.03.2024).

Выпускник

Храмцов Кирилл Владимирович
факультет систем управления и робототехники
e-mail: kirillkhramtsov@hotmail.com

Научный руководитель

Демидова Галина Львовна
к.т.н., доцент факультета систем управления и робототехники
e-mail: demidova@itmo.ru

УДК 621.316

**РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ ДЛЯ РАСЧЕТА УСТАНОВИВШИХСЯ
РЕЖИМОВ ТРЕХФАЗНЫХ СИММЕТРИЧНЫХ
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПРОИЗВОЛЬНОЙ
КОНФИГУРАЦИИ**

Ключевые слова

Расчет установившихся режимов, метод Ньютона, расчет систем нелинейных уравнений, анализ режимов работы электрической сети, проектирование электрической сети, программа для расчета установившихся режимов, методы расчета установившихся режимов на ЭВМ.

Цели и задачи

Расчет установившихся режимов работы электрических сетей играет ключевую роль в обеспечении их эффективности и надежности, а также является важным инструментом для проектирования новых сетей и модернизации существующих. Целью работы является разработка программы для расчета установившихся режимов трехфазных электрических систем произвольной конфигурации с помощью решения системы нелинейных уравнений методом Ньютона-Рафсона.

Основная часть (методология, результаты)

Расчет установившихся режимов представляет собой определение напряжений в узлах электрической сети и расчет потокораспределения, используя полученные значения напряжений [1]. Расчет реальных электрических сетей, включающих в себя множество линий электропередачи и узлов нагрузки, является сложной задачей, для выполнения которой требуются программно-вычислительные комплексы, которые могут с высокой скоростью обрабатывать большие объемы данных. Такие программы должны обеспечивать высокую точность расчетов, быстродействие и возможность визуализации результатов. Это особенно

важно для проектирования новых сетей, модернизации существующих, а также для планирования эксплуатации и предотвращения аварийных ситуаций.

Для вышеизложенных задач была разработана программа, которая предназначена для расчета установившихся режимов сложных трехфазных симметричных электроэнергетических систем произвольной конфигурации. Программа требует составления и расчета схемы замещения, представленной в виде ветвей и узлов, без необходимости приведения параметров к одному напряжению.

Расчет основан на решении системы нелинейных уравнений узловых напряжений, записанной в форме баланса мощностей [2], методом Ньютона-Рафсона. Это наиболее распространенная форма записи при решении уравнений установившегося режима данным методом. Причина тому удобство учета напряжений опорных генераторных узлов типа с неизменными напряжением и активной мощностью. Метод Ньютона обеспечивает высокую точность вычислений благодаря своей квадратичной сходимости [3], что позволяет быстро достигать нужного результата, что особенно важно при анализе сложных электрических сетей. Кроме того, метод Ньютона демонстрирует быструю сходимость даже при начальных приближениях, которые могут быть далеки от истинного решения, что значительно сокращает общее время вычислений, так как позволяет не использовать дополнительные методы расчета уточнения первых приближений.

Программа позволяет моделировать различные устройства регулирования (РПН или ПБВ) как в обмотке низшего, так и в обмотке высшего напряжения. Реализована возможность учета статических характеристик нагрузки с помощью задания коэффициентов квадратичных полиномов. Программа имеет возможность моделировать фазоповоротные трансформаторы с помощью учета комплексного коэффициента трансформации в уравнениях узловых напряжений.

Разработанная программа имеет графический ввод схемы замещения с возможностью отслеживания связей между элементами схемы в режиме реального времени, что позволяет значительно упростить ввод данных и снизить вероятность ошибки при заполнении.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В ходе работы была разработана программа расчета установившихся режимов трехфазных симметричных электроэнергетических систем произвольной конфигурации методом Ньютона. Программа требует составления и расчета схемы замещения, представленной в виде ветвей и узлов, без необходимости приведения параметров к одному напряжению. На данный момент программа внедряется в образовательный процесс вузов, таких как ВятГУ и ПНИПУ, для использования студентами, обучающимися по направлению «Электроэнергетика и электротехника».

В дальнейшей планируется расширение функционала программы с помощью добавления возможности расчета аварийных режимов, а также упрощение ввода электрической сети с использованием заранее подготовленных моделей элементов без составления схемы замещения.

Список использованных источников

1. Районные электрические сети – расчет линий эл. передачи по п-образной схеме замещения с нагрузкой выраженной мощностью. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://spbnet.narod.ru/studies/seti3.htm> (дата обращения: 17.03.2024).

2. Герасименко А.А. Передача и распределение электрической энергии: учеб. пособие / А. А. Герасименко, В. Т. Федин. - Ростов н/Д : Феникс; Красноярск : Издат. проекты, 2006. – 720 с. – (Серия "Высшее образование"). – Библиогр. – С. 667–672.
3. Гославский П.С. Метод Ньютона при задании нагрузки узлами РУ. Актуальные проблемы энергетики. – 2021. – С. 263–261.

Выпускник

Чан Бао Хан

факультет биотехнологий

e-mail: tranbaohan3699@gmail.com

Научный руководитель

Арсеньева Тамара Павловна

профессор, д.т.н., доцент факультета биотехнологий

e-mail: tamara-arseneva@mail.ru

УДК 637.3

РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ И ТЕХНОЛОГИИ СЫРНОГО ПРОДУКТА С РЕГУЛИРУЕМЫМ ЖИРНОКИСЛОТНЫМ СОСТАВОМ

Ключевые слова

Сырный продукт, эталонный жир, эмульгатор, молочно-растительная смесь, краситель, ламинария.

Цели и задачи

Целью исследования является разработка сырного продукта, обогащенного растительными компонентами для регионов с неразвитым животноводством. Основными достижениями цели работы можно считать, что полученный продукт из сухих молочных и растительных компонентов по органолептическим и физико-химическим показателям не уступает продукту из цельного молока. В соответствии с целью работы, сформулированы задачи: теоретически рассчитать рецептуру нормализованной смеси, максимально приближенную по жирнокислотному составу к показателю эталонного жира для сырного продукта, подобрать вид и дозу эмульгатора для достижения равномерного распределения растительного масла в молочно-растительной смеси, подобрать вид и концентрацию натурального красителя, подобрать концентрацию сухого ламинария для повышения биологической ценности готового продукта, исследовать органолептические, физико-химические показатели сырного продукта и установить ориентировочные сроки годности, рассчитать биологическую ценность белковой и липидной составляющей продукта, рассчитать энергетическую ценность продукта.

Основная часть

На начальном этапе экспериментальной работы произведён теоретический расчет рецептуры нормализованной смеси для сырного продукта с регулируемым жирнокислотным составом, приближённым к эталонному жиру. При использовании молочного жира, рапсового и подсолнечного масла достигаем приближения к показателю эталонного жира (насыщенные жирные кислоты – 0.38, ненасыщенные жирные кислоты – 0.62 в том числе: олеиновая – 0.32, линолевая – 0.12, линоленовая – 0.01), разработанного в НИИ питания РАМН совместно с ВНИИМС и рекомендованного, как «гипотетически идеальный жир» [1, 4].

Теоретически рассчитана рецептура (табл. 1) нормализованной смеси с массовой доли жира 2,9% в пересчете на сухое вещество, не менее 45 % для производства сырного продукта, данные соответствуют эталонному жиру.

Таблица 1. **Рецептура нормализованной смеси**

Исходное сырье	кг
Восстановленное обезжиренное молоко м. д. ж., % 0,05	943,4
Сливки, м. д. ж., 30 %	38,7
Рапсовое масло, м, д. ж.%, 99,9	8,7
Подсолнечное масло, м. д. ж., % 99,9	8,7
Эмульгатор PGX-1	0,5

Для проведения эксперимента в лабораторных условиях применена технология производства адыгейского сыра — метод термокислотной коагуляции белков. Для получения стабильной эмульсии подобрали эмульгатор: PGX-1, Polysorbate 80, Polysorbate 60 и Сорбитан стеарат в количестве 0,5% от массы молочно-растительной смеси и исследовали влияние эмульгаторов на стабильность смеси (молочно-растительную смесь готовили следующим образом, от восстановленной обезжиренного молока отбирали 10%, куда вносили смесь сливки 30%, рапсового и подсолнечного масла согласно рецептуре). Для того мы использовали метод отстаивания жира и определение размеров жировых шариков в смеси с помощью микроскопа и окулярной сетки. Результаты исследования стабильности молочно-растительной смеси представлены в таблице 2.

Таблица 2. **Результаты исследования стабильности молочно-растительной смеси**

Показатели	Эмульгатор			
	PGX-1	Сорбитан стеарат	Полисорбат 60	Полисорбат 80
Диспергирование 7800 об/мин в течение 5 мин				
Размер жировых шариков, мкм	2,92	3,82	4,55	4,0
Диспергирование 7800 об/мин в течение 10 мин				
Размер жировых шариков, мкм	1,55	2,05	2,87	2,57
Отстаивание жира (Ож), %	22,39	28,22	39,26	34,26

Как видно из данных, представленных в таблице, молочно-растительная смесь с эмульгатором PGX-1 самая стабильная, так как отстаивание жира имеет наименьшее значение и размер жировых шариков имеет 1,55 мкм при продолжительности диспергирования 7800 об/мин в течение 10 мин.

Для улучшения потребительских свойств сырного продукта был проведен подбор красителей. В ходе этого процесса использовались натуральные красители, такие как акванат аннато 0006, аквабетин бета-каротин 0500ВО, куркума, михромовый желтый 0222В и акванат аннато 0822. Для исследования влияния красителей на цвет готового продукта был проведен дегустационный анализ по пятибалльной шкале с участием студентов и преподавателей [2]. Результаты показали, что куркума получила наивысшие баллов. Поэтому предпочтение отдано куркуме в качестве красителя для производства данного продукта.

Для исследования влияния концентрации куркумы на вкус и цвет готового продукта концентрацию варьировали от 0,05% до 0,13% с шагом 0,02. Результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3. Исследование влияния концентрации куркумы на вкус и цвет готового продукта

Доза внесения куркумы, (%)	Цвет	Вкус
0,05	Бледно-желтый цвет	Чистый, с выраженным вкусом пастеризации
0,07	Желтый цвет	Чистый, легкий привкус куркумы
0,09	Ярко желтый цвет	Чистый, с выраженным вкусом куркумы
0,11	Оранжевый цвет	Слегка горьковатый вкус
0,13	Темно-оранжевый цвет	Горьковатый вкус

Оценивая полученные данные, рекомендуем концентрацию куркумы для производства сырного продукта 0,05% от массы нормализованной смеси.

Для повышения биологической ценности готового продукта использовали сухую ламинарию в измельченном сухом виде, размер частиц от 1 до 4 мм. Дозу внесения ламинарии варьировали от 0.4 до 1% с шагом 0.2. Ламинарию вносили непосредственно в смесь после удаления 70% сыворотки при температуре 90°C. Концентрация ламинарии в количестве 0.6% получил наивысший балл группой экспертов. После дегустации комиссии, выявлена не достаток соли, дальнейшее исследование концентрации соли варьировали от 0,6 до 1,2% с шагом 0,2. Наивысшие баллы оценки получил образец с концентрацией соли 1%.

Основные показатели готового продукта представлены в таблице 4.

Таблица 4. Основные показатели готового продукта

Внешний вид	Поверхность ровная, увлажненная.
Вкус и запах	Чистый с привкусом ламинарии
Консистенция	Нежная, однородная, в меру плотная
Цвет	Желтый с вкраплением ламинария
Массовая доля жира в пересчете на сухое вещество, не менее	45%
Массовая доля влаги, не более	65%

Для установления сроков годности готового продукта хранили образец при температуре 6–8°C. При без вакуумной упаковки, хранили в банке с закрытой крышкой то через 15 суток появления плесени на поверхности. Ориентировочные сроки годности готового продукта при без вакуумной упаковки установлены 10 суток. Потом образцы хранили в вакуумной упаковке и ежедневно наблюдали внешний изменение и оценили органолептические показатели опытных образца раз в две недели. После 2,5 месяцев, изменении по внешнему виду, консистенции и поверхности сыра не наблюдали, а запах и вкус слегка кисловатый чем раньше. Поэтому сроки годности готового продукта в вакуумной упаковке по органолептическим показателям гарантировано 2 месяца.

Биологическая ценность белковой составляющей сырного продукта составила 36,27% достаточно высокой, потому что в составе отсутствуют лимитирующие кислоты.

Биологическая ценность липидной составляющей сырного продукта является высоко, так как коэффициент жирнокислотного соответствия по трём точкам равен 0,95, по пяти точкам равен 0,84, что по функции желательности Харрингтона соответствует диапазону «очень хорошо».

Энергетическая ценность сырного продукта составила 235,2 ккал на 100 граммов готового продукта.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

На основании анализа литературных источников, с целью приближения по жирнокислотному составу к эталонному жиру выбран молочный жир в виде 30% сливок, рапсовое и подсолнечное рафинированное дезодорированное масло. Расчетные данные в рецептуре соответствуют рекомендациям по жирнокислотному составу в продукте, отношение линолевой кислоты к линоленовой кислоте составляет от 5 до 10, а отношение линолевой кислоты к олеиновой кислоте не менее 0,25.

Эмульгатор PGX 1 в количестве 0,5% от массы смеси и продолжительность диспергирования в течение 10 мин при 7800 об/мин позволили получить стабильную молочно-растительную смесь с диаметром жировых шариков 1,55 мкм, имеющую наименьшее значение отстаивания жира.

В качестве натурального красителя подобрана куркума, доза внесения куркумы в количестве 0,05% от массы нормализованной смеси.

Ламинария вносится в сырное зерно после удаления 70% сыворотки в измельченном виде с размером частиц от 1 до 4 мм, с концентрацией 0.6%.

Доза внесения соли в количестве 1% от массы сырного продукта получила наивысшую балльную оценку.

Исследованы органолептические, физико-химические показатели сырного продукта.

Ориентировочные сроки годности готового продукта при без вакуумной упаковки установлены 10 суток. В вакуумной упаковке сроки годности готового продукта по органолептическим показателям гарантировано 2 месяца.

Биологическая ценность белковой составляющей готового продукта составила 36,27% достаточно высокой, потому что в составе отсутствуют лимитирующие кислоты (аминокислота, скор которой меньше 100%, называется лимитирующей).

Биологическая ценность липидной составляющей сырного продукта является высокой, так как коэффициент жирнокислотного соответствия по трём точкам равен 0,95, по пяти точкам равен 0,84, что по функции желательности Харрингтона соответствует диапазону «очень хорошо».

Энергетическая ценность составила 235,2 ккал на 100 граммов готового продукта.

Список использованных источников

1. Атраментова В. Г. Исследование показателей молочного и эталонного жира // Сб. научных трудов «Совершенствование технологии и улучшение качества сливочного масла». Углич: ВНИИМС. 1985. – С. 17–21.
2. Родина Т. Г., Вукс Г. А. Дегустационный анализ продуктов. М.: Колос, 1994. – 192 с.
3. Терещук Л.В. Физико-химические основы производства комбинированных масел. Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. – Кемерово, 2000. – 139 с.
4. Чан Б., Анцыперова М.А., Арсеньева Т.П. Состав и технология сырного продукта «Адыгейский» с регулируемым жирнокислотным составом. // Вестник Международной академии холода. – 2023. – №. 4. – С. 67–72. DOI: 10.17586/1606-4313-2023-22-4-67-72.

Выпускник

Чекрыгин Егор Сергеевич

факультет инфокоммуникационных технологий

e-mail: e.chekrygin@gmail.com

Научный руководитель

Береснев Артем Дмитриевич

старший преподаватель, факультет инфокоммуникационных технологий

e-mail: open.look@gmail.com

УДК 004.9

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МАРКЕТПЛЕЙСА
ДЛЯ ПОКУПКИ И ПРОДАЖИ ЭКСКЛЮЗИВНЫХ БИТОВ**

Ключевые слова

Веб-приложение, бэкенд, фронтенд, хранение данных, СУБД, django rest framework, react, пользовательский опыт, интерфейс, лицензионный договор, маркетплейс битов.

Цели и задачи

При покупке и продаже бита необходимо заключение лицензионного договора между битмейкером и артистом. Проблема заключается в том, что ни один российский маркетплейс битов не предоставляет лицензии после покупки, а американская платформа BeatStars (недоступна в России из-за работы с платёжной системой PayPal) требует от битмейкера предварительное создание лицензий вручную. Для решения данной проблемы предлагается разработать маркетплейс эксклюзивных битов с автоматической генерацией лицензий на основе договора об отчуждении исключительного права на произведение. Для достижения данной цели необходимо выполнить ряд задач: исследовать предметную область и сделать обзор на существующие решения для продажи и покупки битов, сформулировать требования к проектируемой платформе, спроектировать макет и прототип интерфейса веб-приложения, а также провести его юзабилити-тестирование, выявить сущности и спроектировать схему базы данных, реализовать клиентскую и серверную части веб-приложения.

Основная часть (методология, результаты)

Для записи трека (песни) артисту необходим бит – музыкальная и ритмическая основа, на которую записывается вокал. Есть артисты, которые пишут биты самостоятельно, однако большинство обращается к профессионалам – битмейкерам. Важно понимать, что артист покупает не сам аудиофайл бита, а право на его использование [1], поэтому для правового регулирования отношений между участниками сделки необходимо заключение договора.

Сами лицензии бывают неисключительные (лизинг) или исключительные (эксклюзивные). С неисключительной лицензией артист сталкивается с тем, что ему запрещено регистрировать свой трек на платформах с идентификацией контента. Например, в VK Музыке, которая является одним из самых популярных стриминговых сервисов в России. Также с такой лицензией действуют всевозможные ограничения от битмейкера: от количества прослушиваний до запрета концертной деятельности (на усмотрение битмейкера), а сам бит остаётся в продаже до покупки исключительных прав.

Получается, что записывать треки на один и тот же бит могут разные артисты, при этом покупка эксклюзивных прав на бит не даёт гарантий, что его не приобрели до этого в лизинг. При этом у дистрибьюторов музыкального контента могут возникать ошибки, что создаёт ещё большую проблему: после покупки эксклюзивных прав на ранее проданный в лизинг бит первый покупатель смог загрузить свой трек на платформы с идентификацией контента. Таким образом, артист, купивший эксклюзивные права на бит, вынужден разбираться с технической поддержкой в данной ситуации, доказывая своё право на исключительную лицензию.

Предлагается следующий вариант решения данной проблемы – разработать маркетплейс для покупки и продажи эксклюзивных битов с автоматической генерацией лицензий на основе принятого в музыкальной индустрии договора об отчуждении исключительного права на произведение [2]. Юридически подобные сделки оформляются на основе статей 1229, 1234, 1270 Гражданского кодекса Российской Федерации. Фактически в таком случае битмейкер передаёт право на бит в полном объёме, бессрочно и без каких-либо ограничений, а аннулировать подобную процедуру можно только посредством обратной сделки.

Первая часть работы посвящена обзору предметной области и исследованию целевой аудитории разрабатываемой платформы. Были рассмотрены два существующих маркетплейса битов: американский Beatstars и отечественный Beatmaker.tv. Это позволило сделать предположение о потенциальных пользователях, а также провести их сегментацию. Выделенные группы пользователей: битмейкеры, артисты (исполнители), музыкальные продюсеры, дизайнеры, контент-креаторы, диджеи и организаторы, музыкальные супервайзеры, любители музыки. Основной аудиторией при этом, очевидно, являются сами битмейкеры и артисты, поэтому для них были построены диаграммы User Journey Map (карты пути пользователей), которые позволяют рассмотреть потребности и болевые точки пользователей.

Проектирование платформы началось с формулирования функциональных требований с помощью диаграммы Use Case, а также подробным описанием каждого сценария использования. Наиболее интересные и сложные сценарии также были описаны с помощью диаграммы последовательности (sequence diagram). Например, на рисунок 1 представлена диаграмма последовательности для сценария покупки бита.

Для описания архитектуры системы использовались диаграммы модели С4. Также были построены контекстная диаграмма и диаграмма декомпозиции модели IDEF0 для моделирования бизнес-процессов проектируемого маркетплейса битов.

На основе полученной в ходе исследования предметной области и анализа конкурентов информации были выделены следующие сущности для базы данных: пользователи (данные для входа), пользователи (данные профиля), соавторы, биты, корзина, биты в корзины, тарифные планы, лицензии, жанры, теги, теги бита, паспортные данные, личные сообщения. В качестве СУБД была выбрана популярная PostgreSQL, так как требуется хранение структурированных данных, но при этом допускается возможность появления неструктурированных, с которыми можно работать с помощью JSON и JSONB, доступных в PostgreSQL [3].

В ходе подробного анализа интерфейсов маркетплейсов BeatStars и Beatmaker.tv были выявлены их недостатки, а также предложены варианты улучшения пользовательского опыта. Это позволило чётко описать пользовательские истории для проектируемого интерфейса в виде «пользовательская история – описание решения». На основе пользовательских историй были построены вайрфреймы – дизайн низкой точности для представления, как различные элементы будут взаимодействовать друг с другом, и выявления UX-проблем без детализации

интерфейса. На основе вайрфреймов был построен полноценный макет для веб-страниц с помощью графического редактора Figma.

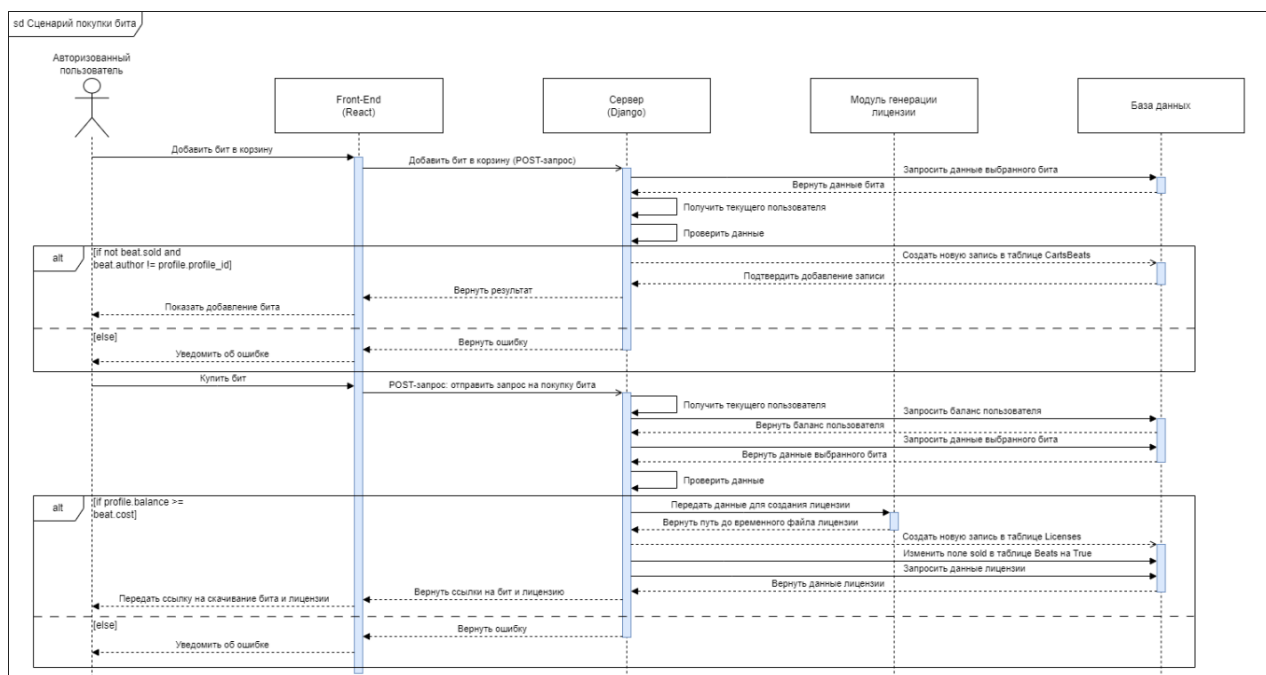


Рис. 1. Диаграмма последовательности для сценария покупки бита

Для возможности интерактивного взаимодействия и проведения юзабилити-тестирования был спроектирован прототип интерфейса. В тестировании приняли участие 12 человек в возрасте от 18 до 25 лет, занимающиеся созданием музыки (написанием битов и треков), а также имеющие опыт работы с маркетплейсом BeatStars. Перед участниками стояли задачи, с которыми наиболее часто встречаются пользователи маркетплейсов битов, а для оценки удобства использования интерфейса действия участников оценивались согласно ранее подготовленным вопросам. На основе полученных результатов (на все вопросы получены утвердительные ответы) можно заключить, что построенный минималистичный интерфейс является интуитивно-понятным и удобным для использования. Также в качестве обратной связи были получены рекомендации, которые были приняты и исправлены в следующей версии интерфейса.

Для разработки веб-приложения согласно современным стандартам клиент-серверного взаимодействия была выбрана связка React (клиентская часть) и Django REST framework (серверная часть). Работа с базой данных осуществлялась с помощью Django ORM. На рисунке 2 изображена главная страница разработанного веб-приложения, на которой располагаются три категории битов: самые новые, от битмейкеров с премиальным тарифным планом и популярные на этой неделе. Наверху располагается хедер со ссылками на другие страницы, ниже – рекламный блок и футер.

Для генерации договоров была использована Python библиотека fillpdf, позволяющая обрабатывать pdf-документы. При создании pdf-файла библиотека позволяет провести его конвертацию в изображение, а затем обратно в pdf. Такой подход предотвращает редактирование формы после генерации лицензии. Также для уникальной идентификации лицензий и их защиты от подмены в базе данных хранятся хэш-коды документов.

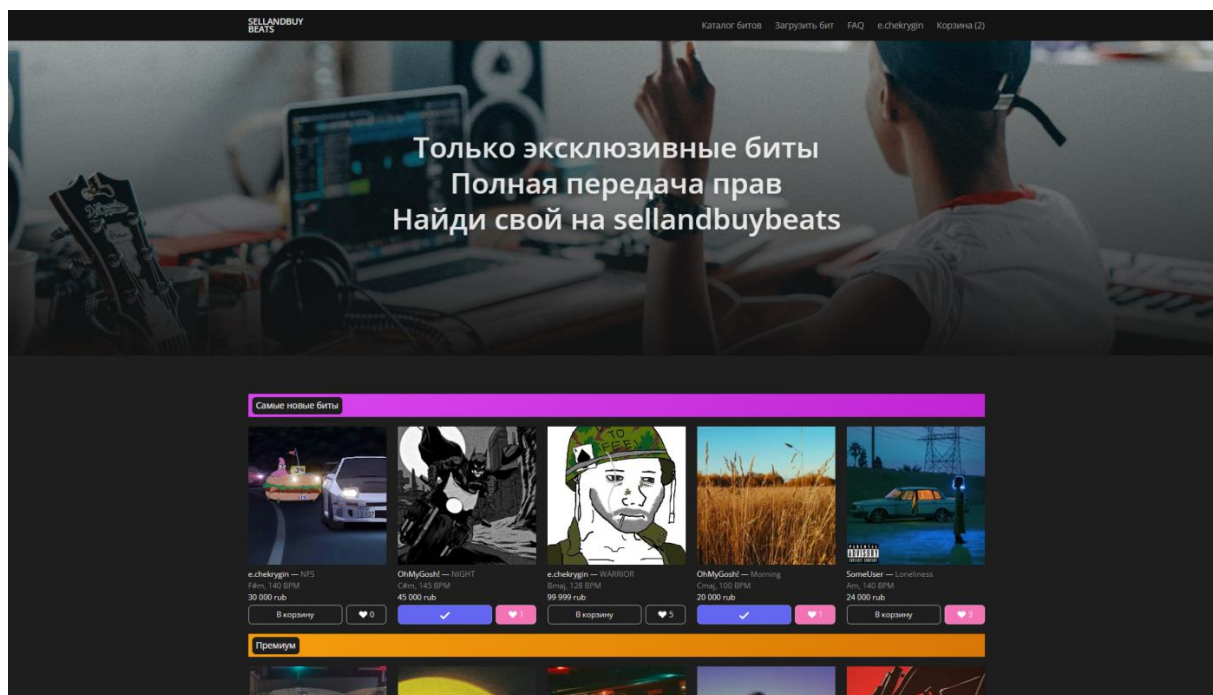


Рис. 2. Главная страница разработанной платформы

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В рамках работы был разработан готовый к тестированию потенциальными пользователями маркетплейс для покупки и продажи эксклюзивных битов, решающий проблему неисключительных лицензий, а также предоставляющий битмейкеру и артисту документ договора об отчуждении исключительного права на произведение после совершения сделки. Дальнейшие планы связаны с развитием функционала платформы, запуском первой версии проекта и рекламной кампании для привлечения аудитории.

Список использованных источников

1. The Ultimate Guide to Online Beat Licensing. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://heate.co/the-ultimate-guide-to-online-beat-licensing> (дата обращения: 01.03.2024).
2. Договор отчуждения исключительного права на музыку. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://i-m-i.ru/guides/dogovor/dogovor-otchuzhdeniya-isklyuchitelnogo-prava-na-muzyku> (дата обращения: 01.03.2024).
3. Анализ популярных реляционных систем управления базами данных. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://drach.pro/blog/hi-tech/item/196-popular-relational-dbms-2022> (дата обращения: 10.12.2023).

Выпускник

Чернявская Екатерина Игоревна

факультет технологического менеджмента и инноваций

e-mail: katchernn@gmail.com

Научный руководитель

Соловьева Дина Витальевна

к.э.н., доцент факультета технологического менеджмента и инноваций

e-mail: dvsoloveva@itmo.ru

УДК 339.138

ФОРМИРОВАНИЕ И РАЗВИТИЕ PHYGITAL-БРЕНДОВ НА ОСНОВЕ КОНЦЕПЦИИ ФОРСАЙТ-МАРКЕТИНГА

Ключевые слова

Брендинг, форсайт, phygital-бренд, визионерство, форсайт-маркетинг, бренд-визионер.

Цели и задачи

Стремительное развитие инновационных технологий и цифровизация связаны с постепенным смещением физического и цифрового миров, что способствует появлению и развитию нового вида брендов – phygital-брендов, сочетающих как физическое, так и цифровое воплощение. Скорость изменений увеличивается, что, в свою очередь, повышает уровень турбулентности будущего. Современный брендинг требует разработки новых подходов к развитию брендов будущего; форсайт может стать инструментом для предвосхищения будущих событий рынка. В связи с этим, встает задача разработки комплексного метода формирования и развития phygital-брендов на основе концепции форсайт-маркетинга с целью создания сильных стратегий маркетинга и брендинга.

Основная часть (методология, результаты)

Современный мир невозможно представить без цифровых технологий, постепенно проникающих во все сферы жизни. Активно развиваются цифровые технологии: искусственный интеллект, метавселенные, дополненная реальность, блокчейн. В связи с этим, брендам приходится адаптироваться к новой реальности. Ранее было важно соответствовать текущим трендам, теперь – задавать их. В этом контексте концепция форсайт-маркетинга становятся ключевыми инструментом для сохранения и укрепления позиций брендов, а phygital-бренды активно развиваются благодаря гармонизации физического и цифрового миров [1].

Форсайт-маркетинг представляет собой особый подход к маркетингу, который заключается в фокусировании на предвидении и подготовке к будущим изменениям в

поведении потребителей, технологическом развитии и тенденциях рынка [2]. Использование форсайта в маркетинговых целях позволяет получить образ будущего в рамках исследуемого бренда, определить его место в новой реальности и предпринять определенные действия для достижения желаемой позиции.

В настоящее время отсутствуют исследования, посвященные использованию методов форсайта для формирования и развития брендов. В соответствии с этим, концепция форсайт-маркетинга в авторской интерпретации и предлагаемый метод были сформированы в результате исследования, включающего в себя desk research, экспертный опрос и анализ бизнес-кейсов.

Кабинетное исследование было направлено на критический анализ предыдущих исследований и публикаций в интересующей авторов предметной области, а также на обзор и систематизацию актуальных течений в брендинге, сложившейся практики проектирования брендов и бренд-коммуникаций.

Опрос проходил в формате интервью с экспертами из области технологических инноваций, форсайта, маркетинга и брендинга из компаний в области IT, логистики, ритейла, консалтинга для оценки возможностей применения авторского метода для формирования и развития на phygital-брендах на базе концепции форсайт-маркетинга. Объем выборки – 15 экспертов, формат – очное взаимодействие с экспертом.

Анализ бизнес-кейсов включал исследование практики разработки и функционирования брендов в различных отраслях (объем выборки – 20 компаний).

Образ будущего – это стратегический концептуальный облик, который бренд стремится сформировать и представить в долгосрочной перспективе. Этот образ отражает ожидания и предположения о будущем состоянии рынка, потребительского поведения и технологических тенденциях, а также места бренда в этом будущем – то, как бренд влияет на формирование будущего через свои ценности, миссию, атрибуты, способы коммуникации и взаимодействия с потребителем.

Так, образ будущего является динамичным инструментом для влияния на формирование трендов и ожиданий в индустрии – бренд становится актором будущего, который через изменения своей сущности постепенно трансформирует отрасль. Таким образом, бренд, использующий форсайт-маркетинг, становится брендом-визионером, который способен предвидеть образ будущего, проектировать новую реальность и создавать ее. Использование форсайт-маркетинга позволяет брендам создавать устойчивые маркетинговые стратегии, оптимизировать ресурсы, становиться более гибкими и адаптивными. Авторский метод направлен на формирование и развитие брендов-визионеров в phygital-среде и состоит из пяти этапов.

Первый этап – бриф и определение цели компании. Использование метода начинается с проведения интервью с ЛПР. В результате исследователь должен понимать глобальную цель компании, текущее положение бренда в рамках модели идентичности по Д. Аакеру, путь клиента.

Второй этап – анализ бренда и рыночного окружения. В процессе анализа бренда предлагается воспользоваться моделью идентичности Д. Аакера, описав бренд как товар, организацию, личность и символ [3]. Основным источником информации должен стать ранее проведенный бриф, а также документы компании (бренд-бук, стратегии развития). Дополнительным источником могут стать различные опросы специалистов, непосредственно работающие с брендом.

Анализ целевой аудитории предполагает проведение полевого исследования: глубинные интервью с последующим количественным опросом. При опросе необходимо отмечать отношение потребителей к новым технологиям и другим составляющим phygital-составляющей бренда; собирать обратную связь от текущих инноваций, если такие имеются. Далее выделяются сегменты целевой аудитории и указывается их отношение к различным инновациям.

При проведении анализа конкурентов необходимо провести сравнение по следующим пунктам: миссия, ценности, позиционирование, используемые технологии (в онлайн и офлайн точках контакта, а также внутри компании), приверженность к phygital, отношение к

визионерству (как бренд отождествляет себя с будущим и кем видит себя там). Проведенный анализ может быть визуализирован относительно конкурентов на адаптированной карте позиционирования – на вертикальной оси отмечается отношение бренда к визионерству, по вертикали – преобладание взаимодействия с потребителем – онлайн/офлайн или phygital.

Анализ внешней и внутренней среды бренда предполагает использование как авторских, так и классических адаптированных моделей (TEMPLES-анализ, бенчмаркинг, анализ 7S).

Третий этап – выбор метода форсайта и проведение форсайт-сессии [4]. На основе экспертных интервью и изучения научной литературы был создан «конструктор форсайта», представляющий собой определенные алгоритмы проведения форсайт-исследования, выбор одного из которых зависит от целей исследования (рис. 1). Так, целесообразно использовать комплекс методов для определения близкого будущего (до одного года) и дальнего будущего (более одного года). Результатом форсайт-сессии становится образ будущего бренда.

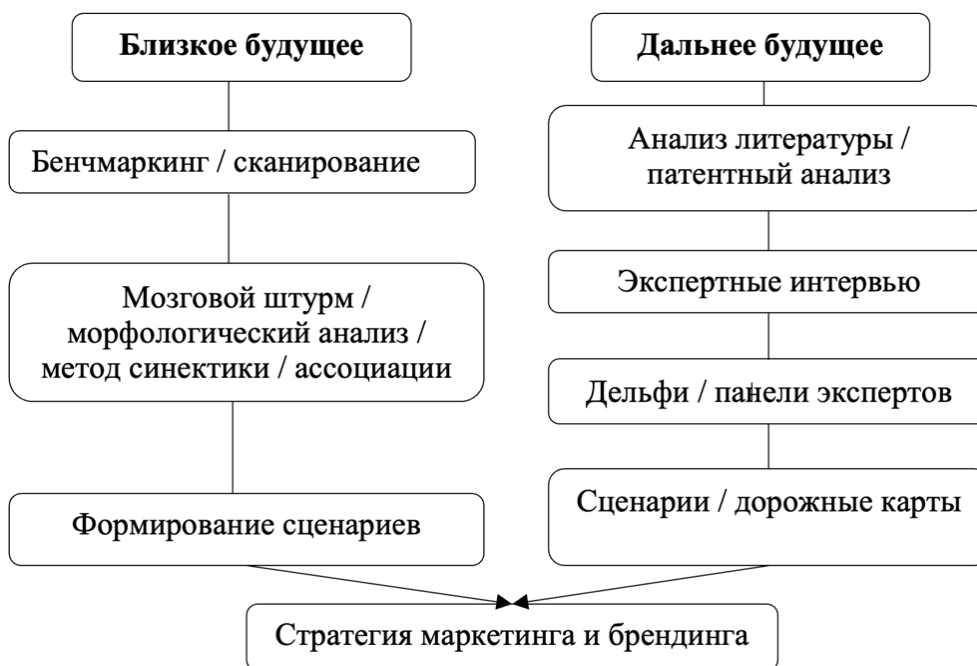


Рис. 1. Модель «конструктор форсайта»

Четвертый этап – конкретизация цели, определение стратегии и модернизация бренда. После определения образа ожидаемого будущего бренд должен определиться со своей позицией в новом мире – для этого предлагается выбрать одну из стратегических альтернатив: сценарист, футурист или создатель. Сценарист фокусируется на наиболее вероятных событиях в стабильной окружающей среде и отстраивается от других брендов при помощи доступных технологий. Футурист же осознает, что существует несколько равнозначных сценариев будущего и стремится единолично развивать будущее с партнерами. Создатель самостоятельно развивает технологии и сам определяет, как будет выглядеть будущее и сам бренд. Для выбора наиболее подходящей стратегической альтернативы предлагается авторская модель, представленная в таблице.

Решение о выборе наиболее подходящей стратегии принимает ЛПП совместно с внешним экспертом из отрасли на основе результатов проведенного анализа самого бренда и внешнего окружения.

После выбора стратегической альтернативы необходимо конкретизировать цель брендинга по SMART и установить KPI для оценки результативности реализуемой стратегии. Рекомендуется установить следующие метрики: узнаваемость бренда в качестве новатора; количество и качество инноваций, разработанных и внедренных брендом; лояльность потребителей при внедрении революционных новинок; активность сообщества, количество партнерств и коллабораций с инновационными брендами.

Таблица. Модель выбора стратегической альтернативы

Параметр	Сценарист	Футурист	Создатель
Готовность бренда к изменениям	Не готов корректировать суть бренда	Готов внести существенные корректировки	Готов радикально меняться
Готовность ЦА	Скепсис по отношению к технологиям	ЦА смешанная, консерваторы и экспериментаторы	ЦА готова к экспериментам
Готовность внешней среды	Стабильное развитие	Нестабильная среда	Новый/перерождающийся рынок
Уровень ресурсов	Низкий	Средний	Высокий

Представить новый бренд с фокусом на будущее предлагается через авторскую модель формирования бренда-визионера, отраженной на рисунке 2.

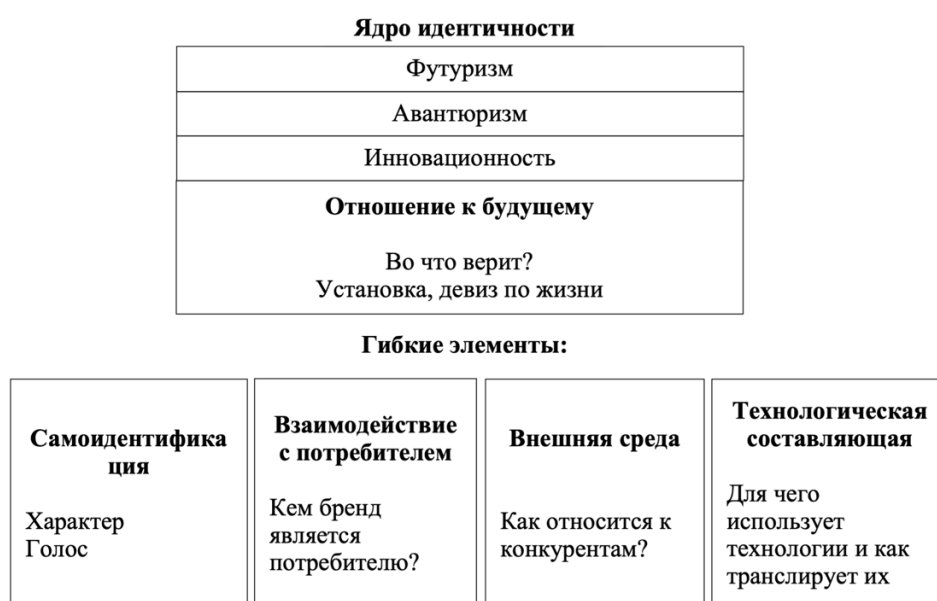


Рис. 2. Авторская модель идентичности бренда-визионера

Пятый этап – реализация стратегии и оценка результатов. Стратегия реализуется через конкретные тактические решения, основанные на модернизации точек контакта, которые ранее рассматривались. Основной задачей становится гармонизация всех этапов пути клиента до максимального слияния онлайн и офлайн составляющих.

Оценку стратегии предлагается проводить через год после ее реализации посредством сравнения с ожидаемыми и текущими показателями.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В ходе работы был сформирован метод формирования и развития phygital-брендов на основе концепции форсайт-маркетинга для создания брендов-визионеров, определен способ использования методов форсайта в маркетинге посредством разработанной модели «конструктор форсайта», предложена модель для формирования идентичности бренда-визионера. Данный метод был апробирован на четырех компаниях, результаты исследования переданы бизнесу на внедрение.

Исследование может быть развито посредством разработки уникального метода форсайта для брендов с учетом специфики сферы бренда, а также его целей.

Список использованных источников

1. Официальный сайт венчурной компании Leta Capital. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.leta.vc> (дата обращения: 15.01.2024).
2. Чернявская Е.И., Соловьева Д.В. Использование методов форсайт-маркетинга при разработке бренд-стратегии // Экономика. Право. Инновации. – 2023. – №. 2. – С. 65–72.
3. Аакер Д.А. Создание сильных брендов. – М.: Издательский дом Гребенникова, 2011. – 340 с.
4. Соколов А.В. Форсайт: взгляд в будущее // Форсайт. – 2007. – №. 1. – С. 7–15.

Выпускник

Шайтанова Ксения Андреевна
факультет биотехнологий
e-mail: shaitanova@biocad.ru

Научный руководитель

Перепелкина Мария Павловна
к.б.н., доцент АО «Биокад»
e-mail: perepelkinamp@biocad.ru

УДК 57: 57.085.23

**РАЗРАБОТКА СТАБИЛЬНОЙ ПРЕПАКУЮЩЕЙ КЛЕТОЧНОЙ ЛИНИИ
ДЛЯ НАРАБОТКИ АДЕНОАССОЦИИРОВАННЫХ ВИРУСНЫХ
ВЕКТОРОВ**

Работа выполнена на базе компании АО «Биокад».

Ключевые слова

Генная терапия, препакующая клеточная линия, аденоассоциированный вирусный вектор, трансфекция, трансдукция, линия-производитель.

Цели и задачи

На сегодняшний день векторы на основе рекомбинантного аденоассоциированного вируса (rAAV) демонстрируют большой потенциал для биомедицины и лечения редких заболеваний человека [1]. Несмотря на то, что большинство ранее разработанных продуктов генной терапии было создано с применением метода транзientной трансфекции, существует тенденция к использованию стабильных индуцибельных препакующих, пакующих и клеточных линий-производителей [2], поскольку их применение существенно проще и дополнительно приводит к снижению общих экономических затрат на производство. Целью данной ВКР является разработка стабильной препакующей клеточной линии на основе НЕК293, экспрессирующей часть генов, необходимых для наработки аденоассоциированных вирусных векторов. Актуальность работы обусловлена тем, что создание данной линии позволит снизить риски кросс-контаминации при наработке, уменьшить вероятность вариабельности результатов, а также улучшить экономическую эффективность при масштабировании производства rAAV. Для достижения цели работы были выдвинуты следующие задачи:

1. Интеграция систем индукции в клетки НЕК293 путем трансдукции лентивирусными препаратами.
2. Оценка работоспособности встроенной системы индукции в трансфекции.

3. Проведение трансдукции лентивирусными препаратами и трансфекции плазмидами, содержащими гены вируса-хелпера и *REP*.
4. Моноклонирование и экспансия полученных клеток НЕК293, содержащих интегрированные гены вируса-хелпера и *REP*.
5. Оценка продуктивности полученных моноклонов с интеграцией генов вируса-хелпера и *REP* в наработке rAAV.

Основная часть (методология, результаты)

Основой для получения препакующей клеточной линии послужила коммерческая клональная клеточная линия эмбриональной почки человека НЕК293. В качестве целевых были выбраны 2 конфигурации тетрациклин-зависимой индуцибельной системы: репрессорная и активаторная [3].

Для интеграции целевых генов индуцибельной системы (СИ) была проведена лентивирусная трансдукция клеточной линии НЕК293. По истечении 72 часов после проведения трансдукции провели моноклонирование полученных пулов с дальнейшей экспансией. Моноклоны проверяли в трансфекции плазмидой, содержащей последовательность GFP под индуцибельным промотором, на наличие встройки и индукции исследуемого белка с помощью проточной цитометрии.

По оцениваемым параметрам доли GFP положительных клеток и интенсивности излучения (показатель Mean GFP) лучшие показатели продемонстрировали Кандидат 1a и 2a (активаторная СИ) и Кандидат 3b (репрессорная СИ), которые велись до 30 пассажа для проверки стабильности. Затем был поставлен повторный эксперимент по трансфекции плазмидой, содержащей последовательность GFP. Данные оценки стабильности моноклонов-кандидатов представлены на рисунках 1 и 2.

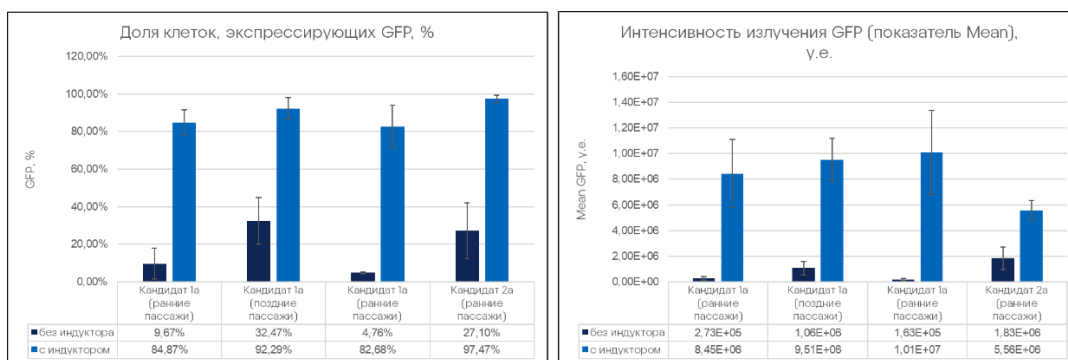


Рис. 1. Проверка на стабильность лидерных кандидатов с интеграцией активаторной системы индукции в трансфекции плазмидой, содержащей последовательность GFP

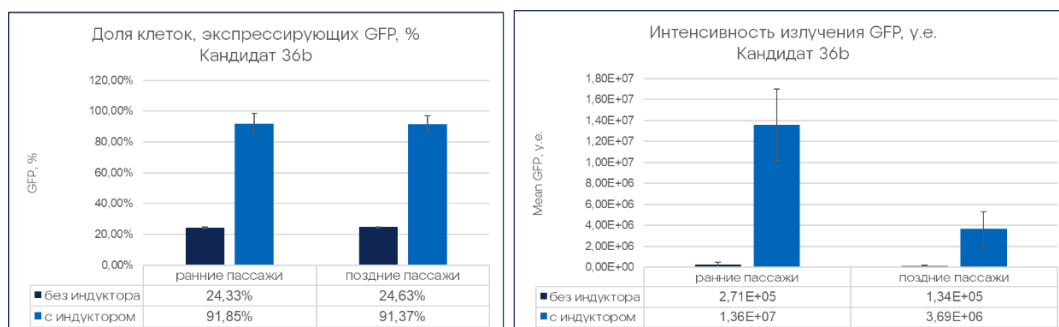


Рис. 2. Проверка на стабильность лидерных кандидатов с интеграцией репрессорной системы индукции в трансфекции плазмидой, содержащей последовательность GFP

Таким образом, по результатам сравнительного эксперимента для последующих итераций трансдукции LV препаратами был выбран Кандидат 36b. Лидерный моноклон был заложен в клеточный банк и послужил основой для создания препакующей линии для наработки гAAV.

С целью интеграции генов хелперного вируса и *REP* были проведены серии трансдукций лидерной моноклональной линии лентивирусными препаратами. Далее полученный пул был моноклонирован, а продуктивность кандидатов была проверена в наработке аденоассоциированных вирусных векторов.

В качестве контроля использовалась стандартная транзientная трансфекция клеток HEK293, а также выбранного ранее Моноклона 36b с использованием отдельно несущих гены *REP/CAP* плазмид и добавлением индуктора. Для проверки кандидатных моноклонов была проведена двухплазмидная трансфекция конструкциями, несущими гены *CAP* и *GOI (GFP)*. Результаты анализировали методом qPCR (рис. 3).

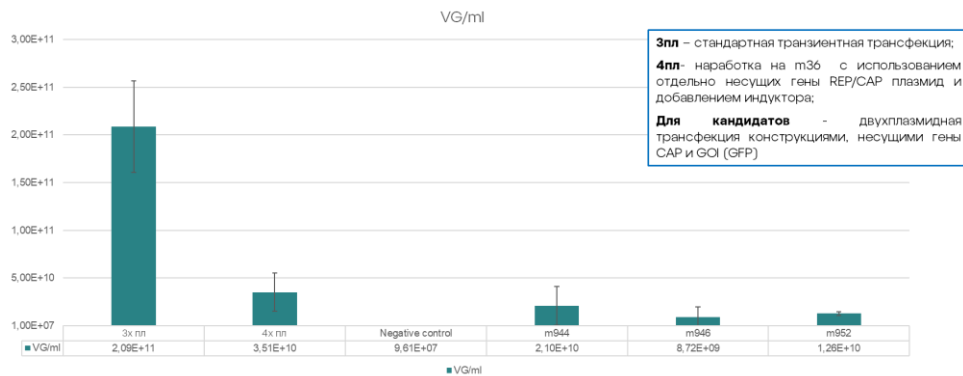


Рис. 3. Концентрация полных капсидов аденоассоциированного вируса после двухплазмидной наработки гAAV в кандидатных моноклонах

Исходя из полученных данных, можно сделать вывод о том, что титр гAAV в исследуемых моноклонах-кандидатах вышел на уровне контроля с разделенной плазмидой *REP/CAP*, однако он на порядок отличается от уровня при стандартной трехплазмидной наработке.

Наиболее высокую продуктивность показал моноклон №944, что свидетельствует о его возможном потенциале стать основой для создания пакующей или клеточной линии-продуцента гAAV.

На данный момент работы по проверке стабильности моноклонов 944, 946, 952 (по достижении 30 пассажа) в наработке аденоассоциированных вирусных векторов продолжаются.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В ходе работы была разработана индуцибельная препакующая клеточная линия для наработки векторов на основе аденоассоциированного вируса.

Согласно данным аналитики наработки на моноклонах-кандидатах титр гAAV на порядок отличался от результатов стандартного метода транзientной трансфекции. Для повышения эффективности возможно применение оптимизационных подходов по DoE (Design of Experiment) для подбора лучшего соотношения пДНК.

Следующим этапом разработки может стать интеграция генов *CAP* и *GOI* для получения полноценной линии-продуцента на основе полученных в ходе работы моноклонов.

Также стоит отметить, что при выполнении выпускной квалификационной работы была получена моноклональная линия с интеграцией компонента активаторной системы индукции

Бюллетень работ конкурса «Научный Эверест» Университета ИТМО

с доказанной стабильностью, которая в дальнейшем может быть использована в рамках других проектов компании АО «Биокад».

Таким образом, результатом работы стало получение трех кандидатов индуцибельных моноклональных клеточных линий с интеграцией генов хелперного вируса и *REP*. На момент написания выпускной квалификационной работы продолжается проверка стабильности исследуемых кандидатов в наработке rAAV.

Список использованных источников

1. Iglesias C.F. Jr, Ristovski M., Bolic M., Cuperlovic-Culf M. rAAV Manufacturing: The Challenges of Soft Sensing during Upstream Processing // *Bioengineering (Basel)*. – 2023. – №. 10 (2). – P. 229.
2. Lee Z., Lu M., Irfanullah E., Soukup M., Hu W.S. Construction of an rAAV Producer Cell Line through Synthetic Biology // *ACS Synth Biol*. – 2022. – №. 11(10). – Pp. 3285–3295.
3. Kallunki B. Jäättelä, Liu. How to Choose the Right Inducible Gene Expression System for Mammalian Studies // *Cells*. – 2019. – P. 796.

Выпускник

Шаповаленко Екатерина Андреевна

институт дизайна и урбанистики

e-mail: kat123rina43@gmail.com

Научный руководитель

Митягин Сергей Александрович

к.т.н., директор института дизайна и урбанистики

e-mail: mityagin.spb@gmail.com

УДК 711.1

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦ МОДЕЛЕЙ АГЛОМЕРАЦИИ НА ОСНОВЕ
НЕРАВНОМЕРНО-РАЙОНИРОВАННОЙ МОДЕЛИ**

Ключевые слова

Городские агломерации, неравномерно-районированная модель, открытые данные, транспортная связанность, моделирование городской среды, городской морфотип.

Цели и задачи

Целью работы является реализация метода построения границ моделей агломерации на основе неравномерно-районированной модели. Для решения данной цели были обозначены следующие задачи: 1) провести теоретический обзор предметной области; 2) обосновать актуальность исследования; 3) сформулировать методологию исследования; 4) составить описание и последовательность шагов реализации метода; 5) произвести демонстрацию работы метода на тестовых и реальных данных; 6) сформулировать рекомендации по внедрению метода и изменению нормативно-правовой базы в области градостроительства и архитектуры.

Основная часть (методология, результаты)

Развитие городских агломераций становится все более актуальным в условиях роста урбанизированных территорий. Согласно прогнозам, что к 2030 году доля крупнейших агломераций в мировом ВВП составит 43% [1]. В Российской Федерации в настоящее время насчитывается 42 городские агломерации, на которые приходится 48% ВВП страны [2].

Городские агломерации представляют собой многокомпонентную и динамичную систему, анализ которой необходим для рационального распределения ресурсов и стимулирования пространственного развития территорий [3]. Важным фактором, определяющим темпы развития агломераций, является уровень развития инфраструктуры [2]. В связи с этим возрастает потребность в определении границ моделей агломерации и выявлении структуры, что позволило бы рассматривать городскую агломерацию как единую модель.

Поскольку агломерации представляют собой совокупность населенных пунктов, то для управления такой единицей и формирования агломерационных проектов важно понимать границы, чтобы учесть интересы всех сторон для принятия решений.

В настоящее время в законодательстве отсутствует закрепленное понятие «границы городских агломераций». Агломерация как пространственная единица должна иметь определенные границы, соответствующие цели ее создания как комплексобразующей системы. Отсутствие закрепленной методики определения границ агломераций [4] влечет за собой негативные последствия, поскольку согласно положениям федерального закона [5] финансирование территорий, официально не входящих в состав агломерации, рассматривается как нецелевое использование бюджетных средств.

Для решения обозначенных проблем был разработан метод определения границ моделей агломерации. В качестве методологической основы использована неравномерно-районированная модель, которая предполагает выделение ядер первого и следующих порядков, и территорий между ними на основе структуры расселения населения в агломерации и транспортной связанности территорий.

Анализ транспортной инфраструктуры агломерации основан на параметре, отвечающим за оценку связанности территории. Коэффициент устойчивости транспортных связей (КУТС) – это показатель, который используется для количественной оценки транспортной связности.

Суммарный коэффициент (КУТС) рассчитывается на основе значений коэффициента устойчивости транспортных связей и морфотипов застройки.

$$КУТС = \frac{\sum_{i=1}^n \text{вес}_{удс} * \text{нормализованный}_{удс} + \sum_{i=1}^m \text{вес}_{морфотип} * \text{нормализованный}_{морфотип}}{\sum_{i=1}^n \text{вес}_{удс} + \sum_{i=1}^m \text{вес}_{морфотип}}. \quad (1)$$

Реализация метода (рис. 1) включает в себя несколько основных этапов:

1. Подготовка данных: на этом этапе собираются данные о транспортной инфраструктуре, а также данные о застройке и городских сервисах. Сбор осуществляется из открытых источников и их состав определяется классификатором исходных данных.
2. Определение коэффициента транспортной связанности: коэффициент вычисляется для определения транспортной устойчивости модели агломерации. Для этого используются данные о транспортной инфраструктуре. Чем больше значение коэффициента, тем плотнее и стабильнее связи между населенными пунктами.
3. Построение полигонов Вороного: для данного шага используются центроиды дорог, на основе которых формируются полигоны. Это позволяет более четко выделить структурные элементы сетки, для которых будет рассчитываться итоговый коэффициент.
4. Объединение значений коэффициента транспортной связности и морфотипов застройки в единый коэффициент: итоговый коэффициент рассчитывается по формуле и включает в себя показатели транспортной связности и веса морфотипов развития. Затем показатели нормализуются от 0 до 1.
5. Идентификация ядер и центральных единиц с использованием неравномерно-районированной модели: полученные коэффициенты соотносятся с категориями элементов неравномерно-районированной модели по пороговым значениям, а для полигонов задается тип элемента модели.
6. Определение границ агломерации: границы агломерации определяются исходя из значения коэффициента полигона. Таким образом, результатом метода являются не только границы, но и структура: выявленные ядра, центральные единицы первого и далее порядков.

Разработанный метод апробирован в Московской агломерации, что позволило протестировать его не только на границах конкретного города, но и на более сложных структурах. Этапы работы метода представлены на рисунке 2. Для определения границ агломерации и категории территории был разработана классификация с характеристиками элементов неравномерно-районированной модели и значениями коэффициента транспортной связанности для них.

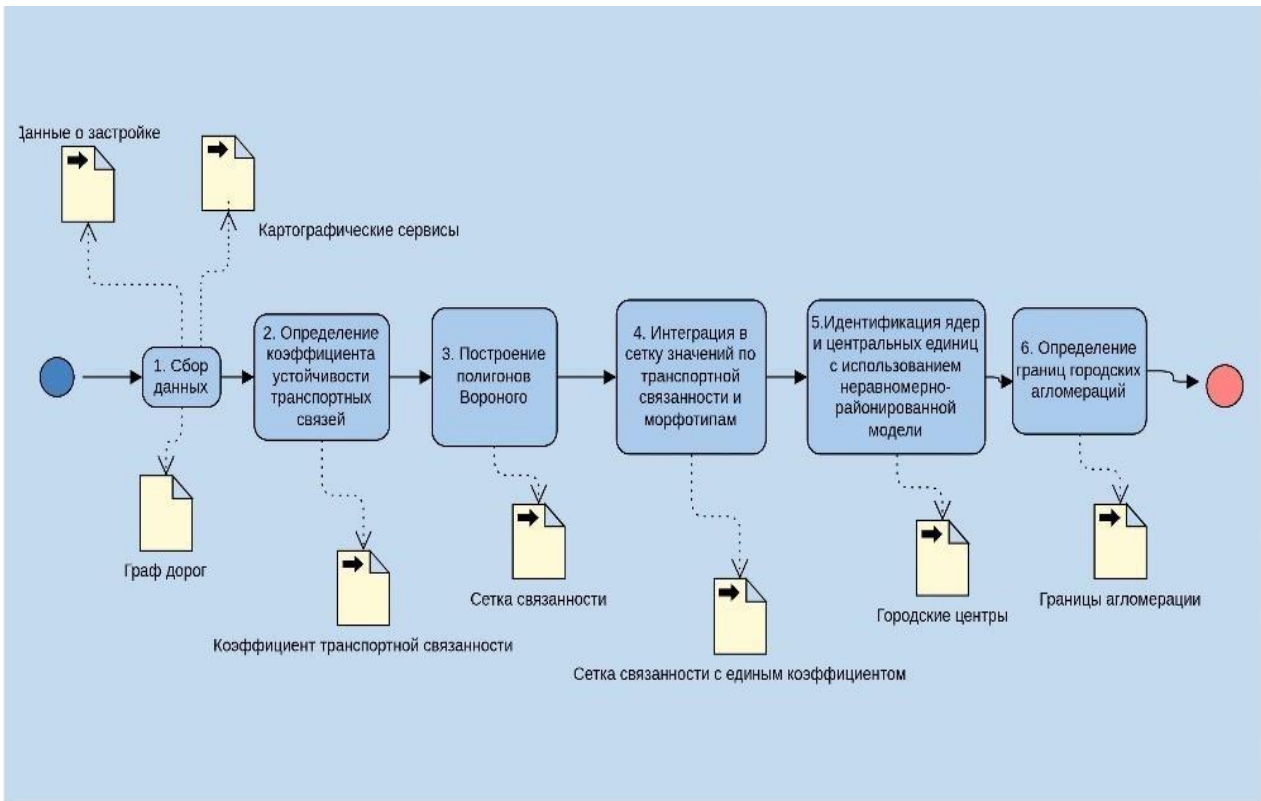


Рис. 1. Схема работы метода

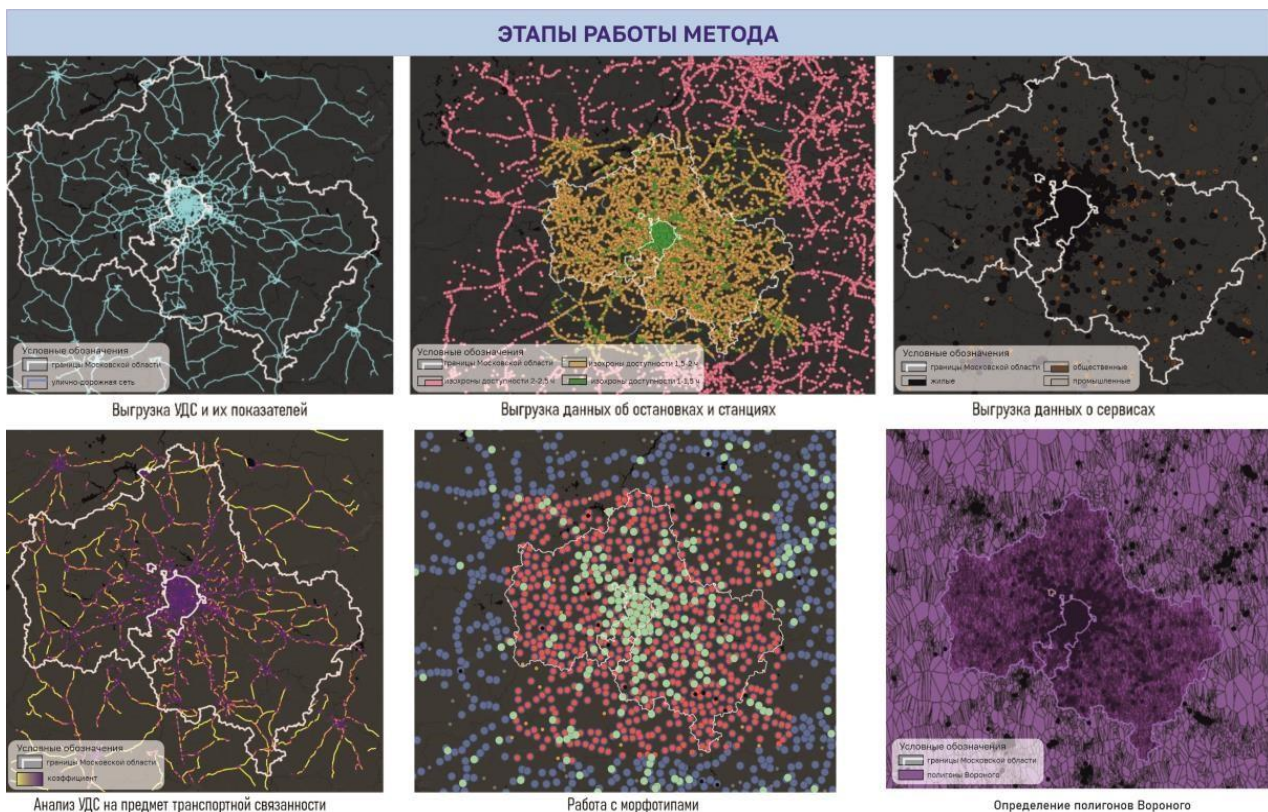


Рис. 2. Этапы работы метода на Московской агломерации

Полученные в ходе работы метода результаты (рис. 3) были сопоставлены с границами агломерации по данным операторов сотовой связи [6] и планируемыми границами на 2025 год. Результат работы метода можно считать удовлетворительным. Общие тенденции и выявленные региональные агломерационные центры соответствовали материалам.



Рис. 3. Результаты работы метода

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

Разработанный метод позволяет определить не только потенциальные границы агломерации, но и структуру ядер системы расселения, зоны влияния (притяжения) центров расселения и характер транспортной связанности.

Важным этапом для внедрения разработанного метода является нормативное закрепление термина «границы городских агломераций» и разработка адаптивных и применимых к агломерациям моделей управления. Дальнейшие перспективы исследования предполагают развитие сценарности метода и возможности адаптации к различным наборам исходных данных, что сделает метод более гибким и универсальным для различных пространственных единиц.

Список использованных источников

1. Каменева О.В. Этапы развития агломераций и преимущества агломерационного устройства территории населенных пунктов // Молодой ученый. – 2022. – №. 11 (406). – С. 102–105.
2. Агломерации: точка роста в эпоху турбулентности. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://forumspb.com/programme/business-programme/104320/> (дата обращения: 27.05.2024).
3. Yourfee Kennedy Urban Agglomeration Population Dynamics: A GIS-based Study from 2015 to 2035 // Yourfee Kennedy's Lab. – 2024. – Pp. 12–24.
4. К вопросу о составе крупных и крупнейших городских агломераций Российской Федерации. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.urbanecomomics.ru/sites/default/files/aglomeracii_-_ekspres-analiz.pdf (дата обращения: 08.04.2024).
5. Волчкова И.В., Елисеев А.М., Данилова М.Н., Лычагина Л.Л., Минаев Н.Н., Подопригора Ю.В., Уфимцева Е.В., Шадейко Н.Р. Управление городскими агломерациями. Томск: Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2015. 100 с. 6. Концепция долгосрочного развития Московской агломерации. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://urbanica.spb.ru/project/kontseptsiya-dolgosrochnogo-razvitiya-moskovskoj-aglomeratsii/> (дата обращения: 10.12.2023).

Выпускник

Щиголев Никита Александрович

факультет безопасности информационных технологий

e-mail: nschigolev@yandexl.ru

Научный руководитель

Воробьева Алиса Андреевна

к.т.н., доцент факультета безопасности информационных технологий

e-mail: alice_w@mail.ru

УДК 004.021

**РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ВЫЯВЛЕНИЯ СГЕНЕРИРОВАННЫХ
ТЕКСТОВ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИЙ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ
В ЗАДАЧАХ ОБРАБОТКИ ЕСТЕСТВЕННОГО ЯЗЫКА
ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
БАНКОВСКОЙ ОРГАНИЗАЦИИ**

Работа выполнена в рамках темы НИР № 53078 «Исследование и анализ атак, реализуемых с использованием искусственного интеллекта, и методов противодействия».

Ключевые слова

Файн-тюнинг, атака дезинформации, методы генерации текстов, промт-инженеринг, банковская сфера.

Цели и задачи

Влияние угрозы дезинформации посредством вредоносной генерации текста в задачах обработки естественного языка недооценена, что следует из малой степени проработанности данной темы в научном сообществе. Число пользователей инструментов искусственного интеллекта во всем мире увеличивается с каждым годом, что объясняет все более легкую доступность ИИ решений в будущем. Также в отчете об актуальных киберугрозах на III квартал 2023 года Positive Technologies прогнозирует рост числа атак создания поддельного контента с помощью генеративных сетей [1]. А эксперты из THE BYTE утверждают, что к 2026 году 90% онлайн-контента будет создано с помощью ИИ [2]. В результате исследования в журнале ScienceAdvances только 52% респондентов смогли отличить сгенерированный ChatGPT-3 контент от созданного человеком, что ставит под сомнение эффективность экспертной оценки в задачах анализа текстов [3]. Вторжение в процессы языковой аналитики с помощью отравления вредоносными сообщениями данных может послужить причиной нарушения достоверности информации и, следовательно, возникновения ошибок в прогнозировании. В частности, при анализе отзывов об организации пул правдоподобных

сообщений, созданных самыми современными языковыми генераторами, делает невозможным получение объективной обратной связи от пользователей и принятие верных стратегических бизнес-решений.

Целью работы является повышение точности выявления сгенерированных вредоносных сообщений с помощью технологий машинного обучения в задачах обработки естественного языка для обеспечения информационной безопасности банковской организации. Реализация цели требует выполнения аналитического обзора существующих инструментов и методов генерации и аугментации текстов, а также методов классификации сгенерированных текстов; сравнения и теоретической оценки существующих подходов и выбора перспективного направления в достижении цели исследования; разработки алгоритма выявления сгенерированных отзывов; формирования специализированного репрезентативного набора данных с помощью генеративных алгоритмов; достижения метрик точности F1-score и ROC-AUC не ниже 70% согласно правилу оценки дискриминации; обоснования выбора направления дальнейших исследований.

Сравнение и теоретическая оценка известных подходов и выбор перспективного направления в достижении цели исследования представлено в таблице.

Таблица. Сравнение возможных решений с учетом результатов предыдущих исследований, проведенных по аналогичным проблемам

Статья	Подход	Модель генерации	Модель выявления	Точность, %
1	2	3	4	5
[4]	Классический	CTRL, GPT, GPT-2, GROVER, XLM, XLNET, PPLM, FAIR	CNN-RNN	85.89 (F1)
			Decision Tree	84.35 (F1)
			SVM	88.76 (F1)
			Random Forest	90.42 (F1)
[5]	Вероятностный с перефразированием	GPT-3	DetectGPT(GPT-3 + T5)	95 (ROC-AUC)
[6]	Стилометрический	GPTs-2, EleutherAI-gpt-neo-1.3B	RoBERTa + stylometry	91.1 (Accuracy)
[7]	Улучшенный трансформер	GPT-2	fakeRoBERTa (Fine-Tune RoBERTa)	96.62 (ROC-AUC)
[8]	Признаковый	GPT-2 Small, GPT-2 XL, GROVER	Linear Classifier + Topological features	87.7 (Accuracy)
[9]	Улучшенный трансформер	-	Longformer (Modified RoBERTa)	95.7 (F1)

По результатам аналитического обзора современной литературы по тематике исследования были сформулированы следующие выводы. Современные методы и подходы обладают некоторыми ограничениями и недостатками:

1. Используются неэффективные архитектуры больших языковых моделей с точки зрения точности решения NLP задач, а также требуемой памяти.
2. Перефразирующие, суммаризирующие и алгоритмы обратного перевода способны снижать производительность детекторов, формируя свое выходное распределение похожим на распределение сгенерированных человеком последовательностей относительно общего расстояния вариации.
3. Используются LLM без доступа к API для тонкой настройки и доступа к продвинутым

возможностям, что делает невозможным реализацию новых методов.

4. В большинстве своем не содержат встроенной защиты от состязательных атак.

Перспективным методом может стать использование улучшенного классификатора на основе русскоязычной дистиллированной модели RoBERTa, прошедшей файн-тюнинг с помощью LORA, и различных методов генерации синтетического класса датасета.

Основная часть (методология, результаты)

Предлагаемый алгоритм включает в себя три основных этапа: формирование набора данных, включающий в себя создание сбалансированного и репрезентативного датасета реальных и сгенерированных отзывов о банковской организации с помощью различных генеративных алгоритмов; файн-тюнинг – дообучение предобученной языковой модели ruRoberta-distilled под конкретную задачу на сформированном ранее датасете; выявление сгенерированных текстовых отзывов – отнесение входного отзыва к одному из двух классов – текст сгенерированный или реальный. На рисунке 1 представлена блок-схема алгоритма.

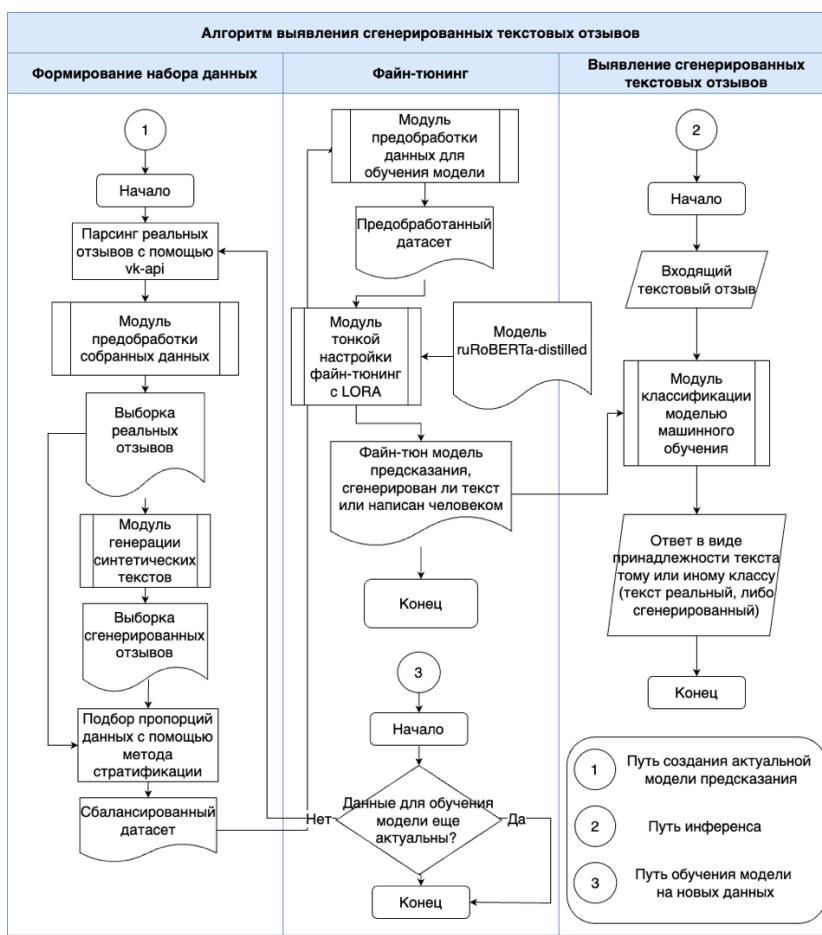


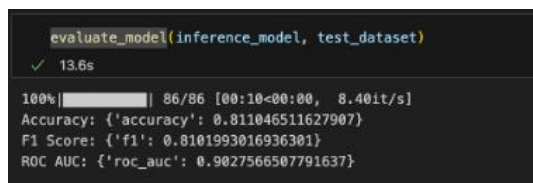
Рис. 1. Блок-схема алгоритма обнаружения сгенерированных текстовых отзывов о банковской организации

Для формирования датасета в рамках экспериментального исследования были выбраны сообщения из официальной группы Сбербанка в социальной сети ВКонтакте с помощью vk-api. Далее была произведена предобработка данных, включающая в себя фильтрацию потенциальной ботовой активности по частотности сообщений, а также классификацию по тональности для отбора только негативных отзывов – была использована модель ai-forever/rugpt3large_based_on_gpt2 и ее мера перплексии.

В зависимости от предполагаемых сценариев действий злоумышленника были использованы три способа генерации текстов на модели Gemini: zero-shot – относительно простой в реализации способ и вместе с тем имеющий самое низкое текстовое разнообразие; few-shot – автоматизированный способ получения желаемых ответов на основе предоставления набора примеров, имеет высокое качество текстового разнообразия; fine-tuning – автоматизированный способ тонкой настройки на стороне сервиса. Обратный перевод, рерайтинг и суммаризация были реализованы с помощью моделей deep_translator, cointegrated/rut5-base-paraphraser и sarahai/ruT5-base-summarizer соответственно.

Файн-тюнинг происходил следующим образом. Вначале веса исходной модели зафиксировались, далее к модели добавилась новая матрица параметров, с которой и проводились все операции при дообучении. Матрица является комбинацией двух массивов более низкого ранга, иначе имеет меньшее количество столбцов или строк, которые содержат новую информацию о модели. В итоге изменилось примерно 1% параметров модели, что все еще позволило скорректировать поведение алгоритма и достичь лучшего качества.

На рисунке 2 представлены значения метрик качества программной реализации алгоритма.



```
evaluate_model(inference_model, test_dataset)
✓ 13.6s
100% |██████████| 86/86 [00:10<00:00, 8.40it/s]
Accuracy: {'accuracy': 0.811046511627907}
F1 Score: {'f1': 0.8101993016936301}
ROC AUC: {'roc_auc': 0.9027566507791637}
```

Рис. 2. Метрики качества разработанного решения

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

В результате был разработан алгоритм выявления сгенерированных вредоносных сообщений о банковской организации, сформирован специализированный датасет реальных и сгенерированных отзывов о банковской организации и получены целевые показатели точности по метрикам F1-score = 81,02% и ROC-AUC = 90,28% выявления сгенерированных сообщений с помощью программно-реализованного алгоритма, которые значительно превышают заданное необходимое значение (70%) и сопоставимы с современным научно-техническим уровнем в схожих задачах.

В дальнейшем для достижения лучшего качества разработанного решения с точки зрения информационной безопасности банковской организации, а именно способности осуществлять превентивные меры по снижению реализации атак с помощью генеративного искусственного интеллекта, следует использовать новые модели генерации как с бесплатным доступом к API, так и с платным, использовать оптимизаторы промтов в функциональности генерации датасета, а также методы адаптации языковой модели, например настройку префиксов [10]. Кроме того, для генерации более правдоподобных текстов может использоваться методы промт-тюнинга, которые также необходимо уметь детектировать.

Список использованных источников

1. Актуальные киберугрозы: III квартал 2023 года. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ptsecurity.com/ru-ru/research/analytics/cybersecurity-threatscape-2023-q3/> (дата обращения: 15.05.2024).

2. Experts: 90% of online content will be ai-generated by 2026. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://futurism.com/the-byte/experts-90-online-content-ai-generated> (дата обращения: 15.05.2024).
3. AI model GPT-3 (dis)informs us better than humans. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.adh1850> (дата обращения: 15.05.2024).
4. Uchendu A. et al. Authorship attribution for neural text generation // Proceedings of the 2020 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing (EMNLP). – 2020. – Pp. 8384-8395.
5. Mitchell E. et al. Detectgpt: Zero-shot machine-generated text detection using probability curvature // arXiv preprint arXiv:2301.11305. – 2023.
6. Kumarage T. et al. Stylometric detection of ai-generated text in twitter timelines // arXiv preprint arXiv:2303.03697. – 2023.
7. Salminen J. et al. Creating and detecting fake reviews of online products // Journal of Retailing and Consumer Services. – 2022. – Т. 64. – P. 102771.
8. Kushnareva L. et al. Artificial text detection via examining the topology of attention maps // arXiv preprint arXiv:2109.04825. – 2021.
9. Beltagy I., Peters M.E., Cohan A. Longformer: The long-document transformer // arXiv preprint arXiv:2004.05150. – 2020.
10. Li X. L., Liang P. Prefix-tuning: Optimizing continuous prompts for generation // arXiv preprint arXiv:2101.00190. – 2021.

Выпускник

Югай Владислав Эдуардович

факультет систем управления и робототехники

e-mail: yugay_vlad@bk.ru

Научный руководитель

Ильинский Александр Вячеславович

к.т.н., доцент факультета систем управления и робототехники

e-mail: allil1003@mail.ru

УДК 621.3.084

**РАЗРАБОТКА ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ СБОРА ДАННЫХ ПРИБОРА
ДИНАМИЧЕСКОГО ИНДЕНТИРОВАНИЯ**

Ключевые слова

Динамическое индентирование, печатная плата, сбор данных, твердомер, аналого-цифровой преобразователь.

Цели и задачи

Целью исследования являлась разработка печатной платы сбора данных прибора динамического индентирования, который используется для оценки механических свойств материалов. Задачами исследования являлись: анализ существующих методов и средств определения показателей механических свойств материалов; разработка печатной платы сбора данных прибора динамического индентирования, включающая: формулирование основных требований к прибору, разработку схемы аппаратной реализации прибора, подбор компонентов и проектирование печатной платы; экспериментальная отработка печатной платы.

Основная часть (методология, результаты)

Механические характеристики материалов традиционно являются важнейшими показателями их качества. В последние годы резко возросла потребность достоверной оценки таких характеристик на всем цикле жизнедеятельности изделия, в том числе и в процессе его эксплуатации. При этом, с целью сохранения целостности и эксплуатационных свойств изделия, для ключевых секторов отечественной промышленности интерес представляет применение именно неразрушающего контроля качества. В настоящее время для оценки механических характеристик различных материалов одним из перспективных методов неразрушающего контроля является метод динамического индентирования (ДИ), разработанный в ИПФ НАН Беларуси и регламентированный стандартом ГОСТ Р 56474-2015 [1].

При этом, на сегодняшний день до сих пор отсутствует отечественный аналог прибора ДИ, хотя в последние годы возросло количество работ, посвященных его разработке [2, 3]. Одним из нерешенных на сегодняшний день вопросов в данной области является разработка аппаратной составляющей прибора, а именно платы сбора данных с датчика ДИ, создание которой станет важным недостающим элементом на пути к обеспечению эффективности, точности и стабильности процесса сбора данных с датчика ДИ.

Прибор ДИ в последние годы нашел широкое применение в отечественной промышленности. В основе метода ДИ лежит непрерывная регистрация процесса ударного локального контактного взаимодействия индентора с испытываемым материалом, а именно регистрация текущей скорости движения индентора [4].

Первичный преобразователь датчика прибора выполняет функцию преобразования движения индентора в электрический сигнал. Основным требованием к получаемому первичному сигналу является линейность в участках активной и пассивной фаз этапов контактного взаимодействия. Иными словами, необходимо достичь линейной зависимости амплитуды сигнала от скорости движения индентора.

На данный момент недостаточно проработана техническая часть процесса регистрации и обработки исходного сигнала магнитоиндукционного преобразователя в методе ДИ. Точное измерение параметров индентирования становится решающим фактором для последующей оценки механических характеристик материалов.

В данной разработке предлагается использование современной базы электронных компонентов, включая последние модели аналого-цифровых преобразователей (АЦП), программируемых логических интегральных схем (ПЛИС) и других ключевых элементов.

Важными критериям выбора АЦП являются его частота дискретизации и низкий уровень шумов. Это способствует повышению качества сигнала и обеспечивает высокую точность при измерении электродвижущей силы (ЭДС). Установлено, что использование АЦП с $F_{\text{ацп}} > 30 \text{ МГц}$ позволяет добиться фазовых искажений не более 1% и уменьшение амплитуды высокочастотного шума до 20% [5].

ПЛИС выступает в роли инструмента для приема цифрового сигнала. Гибкость и программируемость ПЛИС позволяют адаптировать логику обработки данных под различные сценарии работы. Благодаря интеграции различных функциональных блоков в ПЛИС достигается высокая эффективность и быстродействие в обработке сигналов в режиме реального времени. Одним из критериев выбора также являлось оптимизированная работа в условиях низкого энергопотребления, что делает ее хорошим выбором для батарейных устройств. Данные отличительные особенности подчеркивают актуальность данной ПЛИС для разработки портативного прибора ДИ.

Были рассмотрены современные методы и программные средства для проектирования печатных плат, такие как Altium Designer. Описаны этапы проектирования, включая создание принципиальной схемы, трассировку печатной платы и проверку ее целостности.

Далее были разработаны электрические схемы ключевых блоков печатной платы, включая схему питания, схему обработки сигналов и схему интерфейсов связи. Подробно описаны функции каждого блока и их взаимодействие друг с другом. Пример схемы представлен на рисунке 1.

Произведено моделирование входного тракта в программной среде NI Multisim. Приведены результаты моделирования, включая временные диаграммы сигналов и их спектральный анализ. Оценена работоспособность схемы и соответствие ее параметров заданным требованиям. Схема и результаты моделирования представлены на рисунке 2.

Проведены экспериментальные исследования разработанной печатной платы, включающие:

1. Проверку электрических параметров платы.
2. Тестирование функциональности основных блоков.
3. Испытания платы в составе прибора динамического индентирования (рис. 3).

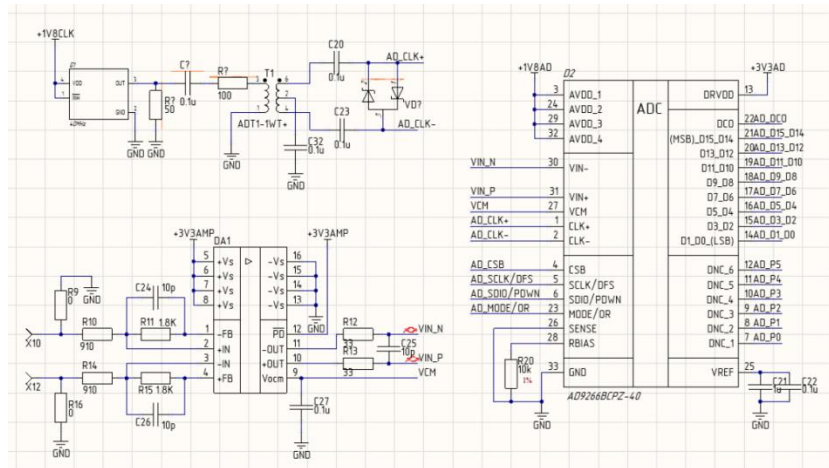


Рис. 1. Схема электрическая принципиальная блока АЦП

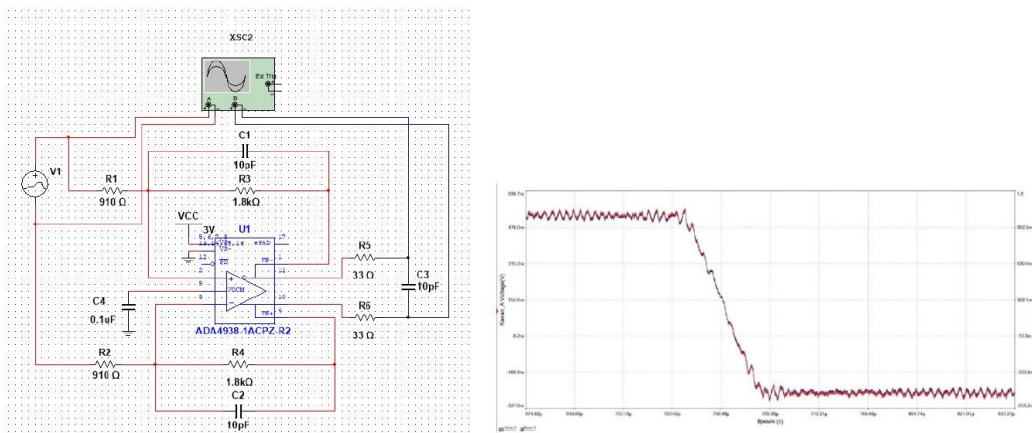


Рис. 2. Электрическая схема входного тракта и осциллограмма сигналов

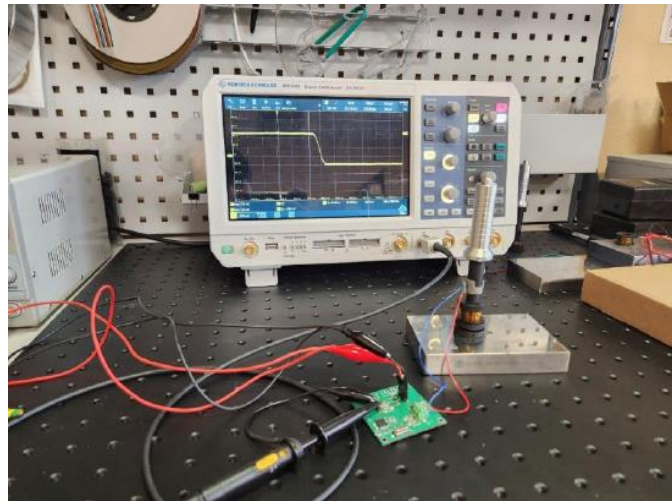


Рис. 3. Тестирование входного каскада

Результаты исследований показали, что разработанная печатная плата соответствует заданным требованиям и обеспечивает высокую точность и надежность измерений. Была проведена оценка технологичности изготовления печатной платы прибора, которая составила 1,03. Также на основе данных, полученных экспериментальным путем, можно сделать вывод о работоспособности печатной платы, обеспечивающий коэффициент усиления 2 с погрешностью 1,5%.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

Разработанная печатная плата для прибора динамического индентирования прошла успешные испытания и демонстрирует высокую точность и надежность в оценке механических свойств материалов. Внедрение данной разработки в практику позволит улучшить качество контроля и повысить эффективность процессов, связанных с анализом материалов. В целом, разработка представляет собой значимый вклад в область динамического индентирования. Полученные результаты могут быть использованы при создании отечественного прибора динамического индентирования.

Список использованных источников

1. ГОСТ Р 56474-2015 Системы космические. Контроль неразрушающий физико-механических свойств материалов и покрытий космической техники методом динамического индентирования. Общие требования.
2. Kolganov O., Egorov R., Ilyinsky A., Khoshev A., Kinzhagulov I., Fedorov A. Development of the Design of the Sensor and the Elements of Software Data Processing of the Dynamic Indentation Device // 2022 International Conference on Information, Control, and Communication Technologies (ICCT). – 2022. – Pp. 1–5.
3. Колганов О.А., Ильинский А.В., Егоров Р.А., Хошев А.Е., Федоров А.В. Дифференциальное включение катушек индуктивности для регистрации параметров движения ударника при динамическом индентировании // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. – 2023. – Т. 66. – №. 1. – С. 74–80.
4. Крень А.П., Рабцевич А.В., Зинкевич Н.В. Моделирование ударного контакта индентора с нежесткими стальными конструкциями при изменении твердости // Известия национальной академии наук Беларуси. Серия Физико-технических наук. – 2017. – №. 4. – С. 38–45.
5. Егоров Р.А. Разработка алгоритмического и программно-технического обеспечения первичной обработки сигнала при динамическом индентировании: Специальность 05.11.13 «Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий»: Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук / Егоров Роман Александрович; Университет ИТМО. - Санкт-Петербург, 2021. – 254 с.

Выпускник

Юхин Семен Евгеньевич

факультет экотехнологий

e-mail: semenyukhin233@mail.ru

Научный руководитель

Сергиенко Ольга Ивановна

доцент, кандидат технических наук доцент факультета экотехнологий

e-mail: oisergienko@itmo.ru

УДК 628.349.08

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ФОТО-ФЕНТОН ОКИСЛЕНИЯ
ДЛЯ ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ СТОЧНЫХ ВОД ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИХ
ПРОИЗВОДСТВ**

Ключевые слова

Сточные воды фармацевтических производств, Advanced Oxidation Processes, фото-Фентон процесс, деструкция активных фармацевтических субстанций, активированные окислительные процессы.

Цели и задачи

Цель выпускной квалификационной работы заключается в оценке применимости и эффективности процесса фото-Фентон окисления для обезвреживания растворенных трудноокислимых органических соединений в сточных водах фармацевтических предприятий.

Для достижения поставленной задачи в работе решались следующие задачи: выявить основные источники и процессы образования сточных вод, их состав и специфику на предприятиях фармацевтической отрасли; провести литературный обзор технологий АОП и метода фото-Фентон окисления и установить основные контролируемые показатели процесса; провести экспериментальные исследования процессов очистки сточных вод с процессом фото-Фентон окисления на модельном растворе фармацевтического предприятия; исследовать состав модельного стока для проведения экспериментальных исследований, выполнить исследование предварительных этапов – аккумуляирования, напорной реагентной флотации и механической фильтрации технологической схемы очистки сточных вод; провести моделирование процесса фото-Фентон окисления на пилотной установке в две серии, сформировать выводы о применимости и эффективности данного метода очистки для обезвреживания и инактивации активных фармацевтических субстанций; провести оценку эксплуатационных затрат на очистку сточных вод фармацевтических предприятий по методу фото-Фентон окисления на основании полученных в ходе исследования данных; провести патентный поиск и предложить состав опытно-промышленного образца установки, реализующей процесс окисления, предложить аппаратную реализацию технологии.

Основная часть (методология, результаты)

За последнее десятилетие в Российской Федерации интенсифицировалось строительство фармацевтических заводов полного цикла приготовления лекарств, что, как было определено, обусловлено государственными программами и новой стратегией развития данного сектора промышленности [1]. Цикл производства включает синтез органических соединений, являющихся основой для создания активных фармацевтических субстанций – действующих компонентов большинства лекарственных препаратов.

Увеличение объема выпускаемой продукции и количества фармацевтических предприятий тесно связано с увеличением объема образующихся в процессе изготовления лекарственных препаратов и мойки оборудования производственных сточных вод. О данном факте свидетельствуют множественные исследования качества воды в водоемах по всему миру. Присутствие даже микродоз трудноокисляемых органических соединений в водных экосистемах приводит к их активной деградации из-за способности АФС к биоаккумуляции.

В целях минимизации антропогенного воздействия на водные экосистемы требуется контроль, очистка и нейтрализация данных вод перед сбросом в открытые водные источники или сети канализации. Литературный анализ материалов показал, что классические методы биологической очистки не способны обеспечить эффективную деструкцию АФС и иных органических компонентов системы ввиду слабой резистентности микроорганизмов активного ила к их токсичному воздействию [2].

Было выявлено, что на текущий момент активное развитие получили активированные окислительные процессы Advanced Oxidation Processes – группа методов очистки сточных вод, основанных на окислительной способности гидроксильных радикалов [3]. Дифференциация методов основана на механизме образования OH^* -радикалов, что обуславливает их вариативность. Деструкция органических соединений протекает по радикальному механизму в результате цепных реакций разрыва углеродных связей и отщепления водорода. Окисление органических соединений идет до их полной минерализации – образования воды и углекислого газа. На основании литературного обзора было определено, что наиболее изученным и распространенным методом АОП является процесс фото-Фентон окисления, реализующий фотокаталитическую реакцию разложения пероксида водорода в присутствии ионов двухвалентного железа и под действием УФ-излучения [4]. В результате реакции происходит наработка гидроксильных радикалов, выступающих в качестве окислителя органических соединений. При анализе статей, посвященных моделированию процесса деструкции АФС методом фото-Фентон окисления было выяснено, что к основным контролируемым параметрам процесса относятся [5]: значение водородного показателя в диапазоне от 2,5 до 3,5 ед. рН; концентрация пероксида водорода и ее соотношение с субстратом в пределе 2–10; концентрация катализатора на основе двухвалентного сульфата железа при температуре 40 градусов Цельсия по отношению к концентрации пероксида водорода в диапазоне от 100:1 до 60:1; температура очищаемой жидкости в диапазоне от 35 до 45 градусов Цельсия.

Необходимость проведения моделирования обусловлена требованиями к исходным данным и предпроектным изысканиям для проектирования очистных сооружений сточных вод.

В качестве метода исследования было выбрано пилотное и физическое моделирование процессов очистки. Разработанная технологическая схема включила этапы аккумулялирования–усреднения, рН–коррекции, напорной реагентной флотации, механической фильтрации и фото-Фентон окисления. По составленной спецификации требуемых для моделирования материалов и реагентов была рассчитана сумма необходимых затрат, которая составила 286 363,00 рубля.

После получения модельной смеси был определен качественный и количественный состав, что позволило сделать промежуточный вывод о характере поведения системы до

начала моделирования. Основные загрязнители модельной смеси были представлены растворенными гетероциклическими органическими соединениями с развитой молекулярной структурой (гадобутрол, маглюмин, повидон К30, метионин), а также вспомогательными компонентами лекарственных препаратов грубодисперсной или коллоидной фракции (крахмал, целлюлоза, тальк). Анализ компонентного состава также показал, что суммарная массовая концентрация активных фармацевтических субстанций в модельной смеси составила 53,2%, в т.ч. акридонуксусной кислоты 9,8%, гадобутрола 1,3%, янтарной кислоты 36,5%, метионина 0,1% и рибоксина 5,5%. Было установлено, что акридонуксусная кислота способна к люминесценции под воздействием внешнего источника УФ-излучения. Данное свойство АФС было использовано для контроля снижения концентрации АФС в модельной смеси после фото-Фентон окисления.

Лабораторный анализ исходного модельного раствора показал многократные превышения концентраций по интегральным показателям ХПК, сухой остаток и цветность. Значение концентрации ХПК составило 47 050 мгО/дм³, а значение ХПК_ф 19 830 мгО/дм³, что позволило сделать вывод о различных формах пребывания органических веществ в растворе и теоретической высокой эффективности седиментационных методов очистки.

В ходе моделирования этапа аккумуляции удалось достигнуть разделение исходной смеси на фракции за 4 часа отстаивания. Объем жидкого осадка в конической части составил 16% от общего объема. Этап позволил отделить взвешенную фракцию загрязнителей от растворенной, в значительной степени снизив концентрацию ХПК. В то же время, было отмечено, что скорость дальнейшей седиментации мелкодисперсных частиц составила всего 621 мкг/мин.

На основании статических и динамических исследований были определены наилучшие сочетания марок и дозировок коагулянтов и флокулянтов (сульфат железа (III) 5% расходом 2,4 л/ч в сочетании с флокулянтом NALCO концентрацией 0,15% и расходом 6,25 л/ч), а также значение pH-среды для реализации процесса реагентной напорной флотации на пилотной установке. В ходе этапа флотации в значительной степени удалось повысить проницаемость среды, что положительным образом сказалось при моделировании этапа фото-Фентон окисления.

Определение применимости и эффективности процесса фото-Фентон окисления проводилось на пилотной установке в две серии по схожему алгоритму. Суммарное время первой серии составило 100,5 часов (за вычетом времени холостой циркуляции, а также процесса фотолиза и термостатирования), за которые удалось достигнуть снижения концентрации ХПК на 98% до нормативного значения 450 мгО/дм³. В то же время, концентрация таких показателей как взвешенные вещества и железо общее выросла. Результат теста на наличие люминесценции показал ее наличие, однако зафиксированная степень свечения раствора ниже степени исходного образца, что позволяет сделать вывод о снижении концентрации акридонуксусной кислоты. В рамках второй серии эксперимента за 32,5 ч окисления удалось снизить концентрацию ХПК на 94,5%. Однако финишная проба после 2 серии характеризуется превышением концентраций по показателям сухой остаток, железо общее и алюминий. Степень люминесценции образца после 2 серии ниже, чем у образца 1 серии, однако выше данного показателя водопроводной воды.

С одной стороны, эксперимент доказал высокую эффективность деструкции трудноокисляемых органических соединений методом фото-Фентон окисления, а с другой, выявил ряд недостатков исследуемой технологической схемы. Лабораторный анализ финишных пробы обеих серий не позволяет производить их сброс в сети канализации и открытые водоемы по причине превышения концентраций ион металлов и солей (сульфаты, хлориды). Кроме того, без полного хроматографического анализа финальных образцов невозможно оценить действительную концентрацию АФС и эффективность их удаления (остаточная концентрация ХПК может обуславливаться их присутствием).

По результатам проведенного исследования была произведена оценка эксплуатационных затрат на очистку 1 л сточных вод заданного состава, данное значение составило 71 руб/л.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

Исследование показало, что наибольший объем осадка образуется в первые 4–6 часов седиментации, дальнейшее отстаивание признано неэффективным. На основании вышеизложенного, наиболее выгодным с точки зрения реализации технологического процесса очистки является предварительное подкисление смеси до значения 1,3 ед. рН и отделение выпавшего осадка от осветленной фракции с дальнейшим подщелачиванием перед этапом флотации.

Исследование подтвердило применимость и возможность деструкции органических загрязнителей фармацевтических предприятий методом фото–Фентон окисления. Однако для точной оценки эффективности деструкции АФС предложенным методом и оценки воспроизводимости результатов требуется проведение дополнительных исследований, включающих хроматографический анализ финишных образцов.

Проведенное исследование позволило произвести не только оценку эффективности этапа фото–Фентон окисления, но и технологической схемы в целом. Пилотное и физическое моделирование как метод исследования показала высокую применимость и значимость при проектировании очистных сооружений.

Для достижения нормативных концентраций показателей на сбросе и в целях улучшения технологических процессов исходная технологическая схема очистки сточных вод требует доработки и выполнения следующего перечня мероприятий: реализовать автоматическую работу узла аккумуляирования–усреднения по алгоритму, обеспечивающему проведение последовательных операций усреднения, подкисления сточных вод до значения 1,3 ед. рН, отстаивания и декантации осадка; предусмотреть дополнительный узел рН–коррекции, а именно подщелачивания до подачи сточных вод на реагентную напорную флотацию, в целях обеспечения значения рН в диапазоне от 5 до 6 ед. рН; предусмотреть реализацию контактной коагуляции в объеме загрузки Filter–AG на базе фильтрационных колонн для извлечения вторично образованных взвешенных веществ и нейтрализации проскоков флотационного шлама; в установке фото–Фентон окисления реализовать автоматическую подачу всех реагентов, а также установить мешочный фильтр для извлечения продуктов распада органических соединений и гидрокомплексов железа выпадающих в осадок; дополнить технологическую схему узлом третичной рН–коррекции в целях нейтрализации кислой рН–среды после реализации процесса фото–Фентона; дополнить технологическую схему узлом финишной фильтрации, включающем в свой состав фильтр обезжелезиватель для снижения общей минерализации и концентраций ионов металла, сорбционный фильтр с загрузкой из активированного угля для извлечения остаточных органических соединений, а также каскад ионообменных фильтров для очистки сточных вод от солей металлов, в т.ч. хлоридов и сульфатов.

В целях усовершенствования пилотного образца установки фото–Фентон окисления работой предложен вариант аппаратной реализации опытно–промышленного образца, включающий модернизацию существующей схемы и обновленную спецификацию оборудования на основании анализа патентного и литературного материала. Отличительной особенностью образца является его модульное исполнение в морском 20–футовом контейнере, увеличенная производительность и полная автоматизация, что позволит масштабировать результаты эксперимента на реальных объектах фармацевтических производств.

Список использованных источников

1. Марченко Ю.О. Роль фармацевтических рынков в современной структуре мирового хозяйства // Вестник университета. – 2015. – №. 12. – С. 17–21.
2. Балпанова Д.Т., Байзолданов Т., Кожамжарова А.С. Очистка сточных вод предприятий фармацевтической отрасли // Вестник Казахского Национального медицинского университета. – 2013. – №. 5 (3). – С. 24–27.
3. Скворцова Л.Н., Казанцева К.И., Болгару К.А. Фотокаталитическая окислительная деструкция хлорамфеникола в условиях видимого света с применением железосодержащих металлокерамических композитов // Вестник Томского государственного университета. Химия. – 2022. – №. 25. – С. 20–30.
4. Шейнкман Л.Э., Савинова Л.Н., Дергунов Д.В., Тимофеева В.Б. Усовершенствованные окислительные процессы очистки промышленных сточных вод // Тульский государственный университет. – 2015. – №. 6. – С. 32–36.
5. Wadley S., Waite T.D. Fenton processes-advanced oxidation processes for water and wastewater treatment // Advanced Oxidation Processes for Water and Wastewater Treatment / ed. by S. Parsons. London: IWA Publishing. – 2004. – Pp. 111–135.

Бюллетень работ конкурса «Научный Эверест» Университета ИТМО

сборник тезисов

Текстовое электронное издание

Редакционно-издательский отдел Университета ИТМО

Зав. РИО

Дизайн обложки

Вёрстка

Подписано к печати 05.12.2024

Заказ № 4783 от 05.12.2024

Н.Ф. Гусарова

Д.В. Гавриш

К.Д. Бутылкина

