МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

МОЛОДЫЕ ПРОФЕССИОНАЛЫ

III Международная конференция
08-10 октября 2024 г.

Сборник научных трудов

Текстовое электронное издание

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

МОЛОДЫЕ ПРОФЕССИОНАЛЫ

III Международная конференция

08–10 октября 2024 г.

Сборник научных трудов

Текстовое электронное издание

Санкт-Петербург
2024

УДК 004, 063, 065, 504
ББК 20, 32, 40
Молодые профессионалы. III Международная конференция (08–10 октября 2024 г.). Сборник научных трудов. [Электронный ресурс]: сборник тезисов. Текстовое электронное издание (11,2 Мб). СПб.: Университет ИТМО. 2024. 279 с.

Издание содержит результаты научных работ молодых ученых, представленные на III Международной конференции «Молодые профессионалы», состоявшейся с 08 по 10 октября 2024 г. в Университете ИТМО, по тематикам: «Биоинженерия от цифровых решений до практического применения», «Инфохимия: междисциплинарный подход к фундаментальным и практико-ориентированным исследованиям», «Прикладная оптика», «Техническое зрение», «Аналитика больших данных», «Технологический менеджмент и инновации» «Междисциплинарные исследования: наука и технологии для человека», «Практико-ориентированное молодежное научно-техническое творчество».

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.).

Под общей редакцией профессора, доктора технических наук, проректора по научной работе Никифорова В.О.

ISBN 978-5-7577-0721-1

Минимальные системные требования:
Компьютер: процессор x86 с тактовой частотой 500 МГц и выше; ОЗУ 512 Мб; 8Мб на жёстком диске; видеокарта SVGA 1280x1024 High Color (32 bit); привод CD-ROM.
Операционная система: Windows XP/7/8 и выше.
Программное обеспечение: Adobe Acrobate Reader версии 6 и старше.

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 реализовывается 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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Секция «Биоинженерия от цифровых решений до практического применения»
Подшивалов Александр Валерьевич, к.х.н., директор и доцент центра химической инженерии, инженер института перспективных систем передачи данных, заведующий научной лабораторией безопасных технологий переработки полимерных материалов – Председатель
Фокина Мария Ивановна, к.ф.-м.н., заместитель директора и доцент центра химической инженерии, руководитель лаборатории лазерных нелинейных кристаллов
Носенко Татьяна Николаевна, к.т.н., доцент центра химической инженерии, инженер института перспективных систем передачи данных
Ситникова Вера Евгеньевна, к.х.н., доцент центра химической инженерии, инженер института перспективных систем передачи данных

Секция «Инфохимия: междисциплинарный подход к фундаментальным и практико-ориентированным исследованиям»
Скорб Екатерина Владимировна, д.х.н., директор научно-образовательного центра инфохимии – Председатель
Балдина Анна Андреевна, научный сотрудник научно-образовательного центра инфохимии
Тимралиева Александра Акбулатовна, младший научный сотрудник научно-образовательного центра инфохимии
Мешков Алексей Викторович, к.т.н., научный сотрудник научно-образовательного центра инфохимии

Секция «Прикладная оптика»
Романова Галина Эдуардовна, доцент, к.т.н., доцент института «Высшая инженерно-техническая школа», ведущий инженер научно-исследовательского центра световодной фотоники – Председатель
Бутылкина Ксения Дмитриевна, к.т.н., инженер отдела конференций и выставок, инженер научно-исследовательского центра «Цифровые космические технологии»
Кукушкин Дмитрий Евгеньевич, к.т.н., заведующий лабораторией центра прикладной оптики, доцент института «Высшая инженерно-техническая школа»

Секция «Техническое зрение»
Волынский Максим Александрович, доцент, к.т.н., директор научно-образовательной лаборатории "Техническое зрение" – Председатель

Секция «Аналитика больших данных»
Михайлова Елена Георгиевна, доцент, к.ф.-м.н., директор высшей школы цифровой культуры – Председатель
Романов Алексей Андреевич, к.т.н., доцент высшей школы цифровой культуры, старший научный сотрудник национального центра когнитивных разработок
Волчек Дмитрий Геннадьевич, к.т.н., доцент высшей школы цифровой культуры, старший научный сотрудник национального центра когнитивных разработок
Бойцев Антон Александрович, к.ф.-м.н., доцент, ведущий научный сотрудник научно-образовательного центра математики, доцент высшей школы цифровой культуры

Секция «Технологический менеджмент и инновации»
Волков Александр Романович, старший преподаватель факультета технологического менеджмента и инноваций – Председатель
Голубева Антонина Станиславовна, преподаватель факультета технологического менеджмента и инноваций
Канунникова Кристина Игоревна, преподаватель факультета технологического менеджмента и инноваций
Волхонцев Андрей Алексеевич, преподаватель факультета технологического менеджмента и инноваций
Черникова Светлана Александровна, к.э.н., доцент факультета технологического менеджмента и инноваций

Секция «Междисциплинарные исследования: наука и технологии для человека»
Фурсов Константин Сергеевич, к.соц.н., ведущий эксперт Центра научной коммуникации – Председатель
Кострыко Сергей Алексеевич, к.ф.-м.н., доцент института международного развития и партнерства
Колозариди Полина Владимировна, к.соц.н., доцент института международного развития и партнерства

Секция «Практико-ориентированное молодежное научно-техническое творчество»
Толстоба Надежда Дмитриевна, доцент, к.т.н., доцент научно-образовательной лаборатории "Техническое зрение", доцент открытой лаборатории идей, методик и практик – Председатель
Бодров Кирилл Юрьевич, директор АНО «ОЛИМП»

Биоинженерия от цифровых решений до практического применения

УДК 691.175.5/.8; 631.53.027

ПОЛУЧЕНИЕ БИОДЕГРАДИРУЕМЫХ ПОЛИМЕРНЫХ ПОКРЫТИЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ СЕМЯН НА ОСНОВЕ НИЗКОМОЛЕКУЛЯРНОГО ХИТОЗАНА

Бабаева Г.М. (студент, Университет ИТМО), **Васильева П.О.** (студент, Университет ИТМО)
Научный руководитель: ассистент Фатеев А.Д. (Университет ИТМО)
e-mail: gulnur_gulia@mail.ru

В данной работе рассматривается разработка биодеградируемых полимерных покрытий для сельскохозяйственных семян на основе низкомолекулярного хитозана. Исследование направлено на улучшение защиты семян и оптимизацию их прорастания, а также на снижение негативного воздействия на окружающую среду. Результаты показывают перспективность использования хитозана как экологически чистого материала для создания эффективных покрытий.
Ключевые слова: *хитозан, полимерная пленка, сельское хозяйство, семена, биоразлагаемость, удобрения, пестициды, полимеры.*

Семена играют ключевую роль в сельском хозяйстве, так как без них невозможно развитие производства — около 90% продовольственных культур выращиваются из семян [1]. Качество семян оказывает существенное влияние на устойчивость урожая: использование здоровых и неповрежденных семян может повысить как урожайность, так и качество продукции, в то время как семена низкого качества могут привести к значительным потерям.

Традиционные методы борьбы с болезнями, передающимися через семена, такие как санитария, севооборот, весенняя вспашка и сидераты, теряют актуальность и эффективность. Корневая и внекорневая подкормка также не могут полностью решить проблему вредителей и инфекций из-за своих ограничений: высокая стоимость, развитие резистентности у вредителей, низкая эффективность в условиях недостатка влаги, засоления почв, токсичность для растений и животных, загрязнение окружающей среды [1].

Учитывая эти ограничения, высокий спрос на пресную воду, рост населения, рост стоимости удобрений и растущую осведомленность об экологических последствиях чрезмерного использования агрохимикатов, растет интерес к разработке методов, которые позволяют обеспечить устойчивое производство и экономическую эффективность без ущерба для окружающей среды. Одним из таких методов является обработка семян, которая может варьироваться от простого протравливания до покрытия полимерной пленкой и гранулирования [2].

Полимерные покрытия обладают уникальными свойствами и экономичны, что делает их востребованными в различных областях, включая быт, строительство, сельское хозяйство, пищевую промышленность и медицину.

В повседневной жизни полимерные покрытия используются для защиты поверхностей и улучшения их внешнего вида. Они характеризуются высокой устойчивостью к износу, химикатам, влаге и ультрафиолетовому излучению, что делает их отличным выбором для самых разных поверхностей [3].

Полимерные покрытия имеют широкий спектр применения в сельском хозяйстве, обеспечивая защиту и улучшение различных аспектов производства. Одной из основных сфер применения является защита сельскохозяйственной техники от коррозии и износа. Полимерные покрытия также используются при обработке сельскохозяйственных культур, например, при покрытии семян биоразлагаемой пленкой для улучшения всхожести, что приводит к повышению урожайности на меньшей площади. Кроме того, полимеры

используются для изготовления защитных покрытий при хранении зерна и других продуктов для предотвращения загрязнения и сохранения их качества.

Однако использование полимеров имеет свои преимущества и недостатки.

К преимуществам можно отнести:

1. Долговечность. Полимерные материалы обладают высокой устойчивостью к воздействию окружающей среды.
2. Экономия воды. Полимерные системы орошения значительно сокращают расход воды за счет более равномерного распределения жидкости.
3. Повышение качества урожая. Полимерные удобрения и упаковочные материалы способствуют повышению качества и безопасности сельскохозяйственной продукции.
4. Повышение производительности. Внедрение полимерных технологий позволяет повысить плодородие почв и улучшить условия хранения урожая.

К недостаткам можно отнести следующее:

1. Финансовые затраты. Полимерные покрытия и материалы, а также технологии их производства часто требуют значительных вложений, что может создать трудности для небольших сельскохозяйственных предприятий в их приобретении.
2. Проблемы с утилизацией. Не все полимеры являются биоразлагаемыми, что вызывает сложности с переработкой и утилизацией использованных материалов и отходов.

Важно развивать технологии, которые позволят максимально эффективно использовать полимеры, снижая их негативное воздействие на окружающую среду.

В настоящее время все большую популярность приобретают такие технологии покрытия, как грануляция, инкрустация и пленочное покрытие, упрощающие процесс посева. Эти методы изменяют форму и вес семян и улучшают их контакт с почвой [4]. Протравливание семян активно применяется для обеспечения их питательными веществами и защиты от инфекций и вредителей.

Кроме того, использование покрытий семян имеет особое значение, поскольку сельскохозяйственные угодья сокращаются из-за деградации почв и урбанизации. Использование защитных покрытий, которые помогают семенам получать необходимые питательные вещества и защищают их от вредных воздействий, значительно повышает урожайность на малоплодородных землях, которые непригодны для традиционного земледелия из-за нехватки воды или засоленности.

В последние годы пленочное покрытие стало наиболее распространенным методом обработки семян [5]. Этот подход нашел широкое применение на различных культурах, особенно зерновых [6]. Фермеры выбирают эту технологию из-за ее экономичности и простоты, которая заключается в нанесении полимеров на семена. Полимеры являются универсальными материалами, свойства которых можно адаптировать к конкретным потребностям. Растущий интерес к полимерным покрытиям сопровождается стремлением использовать биоразлагаемые материалы в сельском хозяйстве.

Полимерные покрытия могут помочь решить вопросы, которые связанные с:

1. Доставкой агрохимикатов.
2. Суперабсорбирующие полимеры.
3. Полимеры для удаления тяжелых металлов.
4. Биоразлагаемые полимеры.

Давайте подробнее рассмотрим каждую из этих областей.

1. Доставка агрохимикатов с использованием полимерных матриц.

В сельском хозяйстве важной задачей является обеспечение растений питательными веществами, что часто требует применения агрохимикатов, таких как удобрения и пестициды. Удобрения помогают восполнить нехватку макро- и микроэлементов, в то время как пестициды, включая гербициды, инсектициды и фунгициды, защищают растения от вредителей и болезней. В год используется около 2 миллионов тонн пестицидов, из которых около 48% составляют гербициды [7]. Однако многие пестициды опасны для окружающей среды из-за низкой биоразлагаемости и длительного периода полураспада в воде. Также почти

90% пестицидов теряются в результате разложения, фотолиза и испарения, и лишь 0,1% достигает целевых объектов. Для решения этих проблем стали применять полимерные материалы в качестве средства доставки агрохимикатов и пестицидов.

Существует два метода включения агрохимикатов в полимерную матрицу [8]. Первый метод, наиболее распространенный, заключается в физическом смешивании пестицидов с полимерной матрицей на этапе производства, что обеспечивает равномерное распределение агрохимиков и их постепенное высвобождение. Второй метод — микрокапсулирование, которое осуществляется различными способами, включая использование полимерных оболочек и эмульгирование. В этом случае агрохимикаты окружены тонкой полимерной оболочкой, защищающей их от внешних воздействий и контролирующей процесс высвобождения.

2. Суперабсорбирующие полимеры.

Сельское хозяйство требует систем орошения для обеспечения почвы водой, особенно в регионах с дефицитом воды и опустыниванием, что делает орошение дорогим. Важным решением являются суперабсорбирующие полимеры (SAP), которые обладают высокими свойствами водопоглощения и удержания, даже при повышенном давлении и температуре [5]. SAP состоят из сшитых полимерных цепей, образующих трехмерную сетевую структуру. При контакте с жидкостью вода проникает в поры сетки и образует водородные связи с полярными группами полимеров. SAP способны поглощать и удерживать значительные объемы влаги (от 10 до 1000 г на 1 г SAP), что позволяет поддерживать влажность почвы на длительный срок [9]. Кроме того, они способствуют улучшению связывания удобрений в почве и росту растений [5, 9].

Исследования показали, что добавление небольших количеств суперабсорбирующих полимеров (SAP) (0,1%) к песку и почве значительно увеличивает их водоудерживающую способность. Кроме того, семена, покрытые пленкой SAP, имеют более высокую энергию прорастания по сравнению с семенами без этого покрытия. Таким образом, суперабсорбирующие полимеры не только удерживают влагу, но и способствуют росту растений.

3. Полимеры для удаления тяжелых металлов.

Интенсивное развитие сельского хозяйства вызвало чрезмерное использование агрохимикатов, что привело к накоплению ионов тяжелых металлов в почве и в реках. Особенно опасно накопление тяжелых металлов в сточных водах и почве, поскольку они могут попадать в организм человека через пищу и питьевую воду. Традиционные методы удаления тяжелых металлов, такие как химическое осаждение, адсорбция и мембранные технологии, являются неэффективными и дорогими, а также могут приводить к вторичному загрязнению окружающей среды [10]. В связи с этим были разработаны новые подходы к очистке воды и почвы, направленные на снижение ущерба окружающей среде и восстановление находящихся под угрозой исчезновения экосистем.

Одним из таких методов является биосорбция. Этот метод основан на использовании полимерные биосорбенты, которые обладают такими преимуществами, как низкая стоимость, высокая эффективность и доступность [11]. Различные биологические материалы - бактерии, грибы и водоросли, могут служить источниками для биосорбции. В последнее время внимание сосредоточено на экосистемных биосорбентах экзополисахаридах (EPS), которые представляют собой сложные смеси биомолекул, включающие белки, полисахариды, нуклеиновые кислоты, липиды и гликопротеины, окружающие бактериальные клетки. Матрица EPS содержит функциональные группы, такие как карбоксильные, фосфорные, аминные и гидроксильные, которые обладают отрицательным зарядом при нейтральном pH. Это позволяет эффективно удалять органические и неорганические загрязнители через ионный обмен и образовывать комплексы с металлами благодаря электростатическому притяжению.

Помимо биосорбции, полимеры часто используются в качестве сорбентов для удаления токсичных элементов, образующихся при использовании агрохимикатов, а также для очистки воды и почвы [9]. Это связано с их способностью эффективно связывать и удерживать тяжелые

металлы и органические загрязнители. Наиболее часто используемой группой полимеров для сорбции являются полисахариды, такие как целлюлоза, хитин и хитозан.

4. Биоразлагаемые полимеры.

Синтетические полимеры, такие как полиэтилен и полипропилен, имеют длительное время биодеградации и могут оставаться в окружающей среде десятилетиями или даже столетиями, усугубляя проблему загрязнения. Эти материалы не предназначены для краткосрочного использования, после которого должны быть утилизированы.

Использование биоразлагаемых покрытий семян эффективно снижает загрязнение окружающей среды, вызванное небиоразлагаемыми полимерами. В отличие от синтетических покрытий, натуральные полимеры, такие как крахмал, целлюлоза и хитозан, могут разлагаться почвенными микроорганизмами. Биоразлагаемые полимеры имеют важное значение в процессе соляризации почвы, который включает покрытие земли полимерными пленками для дезинфекции перед посевом [9]. Обычно используются пластиковые пленки из полиэтилена низкой плотности, обладающие необходимыми оптическими свойствами: они должны быть прочными и прозрачными для видимого света, но непрозрачными для инфракрасного излучения, что позволяет нагревать почву днем и удерживать тепло ночью. Однако основной недостаток синтетических пленок заключается в необходимости их утилизации как опасных отходов, что может привести к экологическим проблемам при неправильной утилизации. В отличие от них, биоразлагаемые пленки на основе природных полимеров со временем разлагаются на органические вещества, обогащающие почву, что исключает необходимость их удаления и снижает экологические риски. Это делает биоразлагаемые пленки более предпочтительными для использования в соляризации, особенно в умеренном климате.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

В лаборатории НИИ ИТМО в 2024 году были проведены исследования по разработке и получению полимерных пленок на основе низкомолекулярного хитозана для сельскохозяйственных семян сорта Ленинградская. Для получения полимерного покрытия использовали 6% раствор низкомолекулярного хитозана, в качестве сшивательного агента использовали глиоксаль и несколько типов сушек (холодный и горячий поток воздуха технического фена).

После получение семян с полимерным покрытием их помещали в стерилизованные чашки Петри, для этого чашки завернули в газету специальным образом, чтобы бумага плотно прилегала к посуде, а затем повторно обернули в пергамент. Готовые для стерилизации чашки Петри оставили в сушильном шкафу на три часа.

Получение полимерного покрытия. В 5 мл полученного раствора хитозана добавляли по 2 г семян. Затем семена аккуратно перемешивались в стакане с раствором в течение трех минут. После чего они извлекались из раствора и подвергались сушке с использованием горячего воздуха.

Изучение сорбционной характеристик семян. Для определения степени набухания навеску семян взвешивали на аналитических весах. Затем помещали их в чашку Петри, в которой находилась дистиллированная вода, после чего Чашку Петри с семенами убирали в винный шкаф на определенное время при температуре –16 градусов. Набухшие семена аккуратно взвешивали, предварительно промачивая их сухой салфеткой.

Степень набухания семян пшеницы определяли по формуле (1):

$$Q_\infty = \frac{m_s - m_0}{m_0}, \quad (1)$$

где m_s —масса набухшего образца в определенное время, г.; m_0 —начала масса высушенного образца, г; Q_∞ – степень набухания, г/г.

Для описания диффузии были использованы следующие модели:

1. Математическая модель Пеппаса (2):

$$\frac{Q_t}{Q_\infty} = kt^n, \quad (2)$$

где Q_t и Q_∞ – степень и равновесная степень набухания, соответственно, – количество растворителя, диффундировавшего в семена в момент времени t или в бесконечное время (состояние равновесия), отнесенное к 1 грамму сухого вещества.

Константа k связана со структурой полимерной сетки. Она характеризует скорость сорбции раствора материалом на первоначальных стадиях набухания (до $Q = 0{,}6Q_{max}$).

Показатель степени n – число, соответствующее типу диффузии.

С помощью модели определяется равновесная степень набухания – значение, достигающееся при набухании, когда фиксируется выход графика процесса на плато.

Выделяют три класса диффузии по относительным скоростям диффузии (R_{diff}) и релаксации полимера (R_{relax}).

При n = 0,5 скорость диффузии намного меньше скорости релаксации ($R_{diff} << Rrelax$). Это соответствует системе, контролируемой диффузии.

При n = 1,0 диффузионный процесс протекает намного быстрее, чем процесс релаксации ($Rdiff>> R_{relax}$). Это соответствует системе, управляемой релаксацией.

Механизм диффузии при 0,5 <n <1,0 является нефиковским (аномальным): скорости диффузии и релаксации сравнимы ($R_{diff} \approx R_{relax}$) [12, 13].

Иногда фиксируются значения n> 1. В таких случаях говорят о кинетике диффузии Super Case II [14, 15]. Ситуация, в которой скорость проникновения воды намного ниже скорости релаксации полимерной цепи (n ниже 0,5), классифицируется как «Малая диффузия Фика» [16, 17].

2. Кинетическая модель сорбции псевдовторого порядка для определения сорбционной емкости в данный момент времени, протекающей по закономерностям второго порядка описывается формулой [18] (3):

$$Q_t = \frac{t}{\frac{1}{k_2 * Q_\infty^2} + \frac{t}{Q_\infty}}, \quad (3)$$

где k_2 – константа скорости сорбции модели псевдовторого порядка ($г\cdot(ммоль\cdot мин)^{-1}$), t – время (мин).

Выражение (3) показывает сколько времени нужно помещенному в растворитель образцу для сорбции массы растворителя равной первоначальной массе образца.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В настоящей работе были синтезированы и изучены различные полимерные пленки на основе хитозана.

Сначала были приготовлены пленки хитозана с высокой и низкой молекулярной массой в концентрациях 2%, 4% и 6%. Затем был проведен посевной тест для оценки влияния полимерного покрытия на их прорастание. Было обнаружено, что пленка из 6% хитозана с низкой молекулярной массой обеспечивала наилучшие условия, поскольку семена, покрытые этой пленкой, прорастали быстрее других. В целом, пленки хитозана с низкой молекулярной массой показали лучшие результаты, чем пленки с высокой молекулярной массой.

Далее были исследованы три различные технологии покрытия семян полимерными пленками и оценены их преимущества и недостатки. Первый метод заключался в покрытии семян только 6% хитозаном с низкой молекулярной массой. Во втором методе семена предварительно покрывались 6% хитозаном с низкой молекулярной массой, а затем обрабатывались 40% раствором глиоксаля. Процесс покрытия глиоксалем был похож на покрытие хитозаном, но семена находились в растворе глиоксаля всего одну минуту. В третьем методе капля 40% раствора глиоксаля добавлялась к 6% раствору хитозана, а затем семена помещались в этот раствор.

Первый метод оказался самым простым, но менее эффективным. Второй и третий методы показали схожие результаты по посеву и прорастанию, но второй метод требовал больше времени. В результате было решено использовать третий метод для дальнейших экспериментов.

Далее эксперименты проводились с различными концентрациями низкомолекулярного хитозана (6–9%). Целью было определить оптимальную концентрацию низкомолекулярного хитозана с добавлением глиоксаля для получения равномерного и тонкого полимерного покрытия, а также найти концентрацию, которая в наибольшей степени способствует прорастанию семян. Результаты показали, что наилучшим образом на прорастание семян сказывается пленка на основе 6% низкомолекулярного хитозана.

На основании полученных данных было принято решение использовать семена, обработанные 6% низкомолекулярным хитозаном с добавлением капли 40% глиоксаля, для дальнейших исследований по изучению сорбционной способности покрытых семян.

Изучение сорбционных характеристик семян, покрытых полимерной пленкой, в промежутке от 0–48 часов. Для исследования были выделены три группы семян:

- семена, покрытые пленкой 6% хитозана с добавлением капли 40% глиоксаля и замороженные;
- семена, покрытые пленкой 6% хитозана с добавлением капли 40% глиоксаля, но не замороженные;
- необработанные семена (контрольная группа).

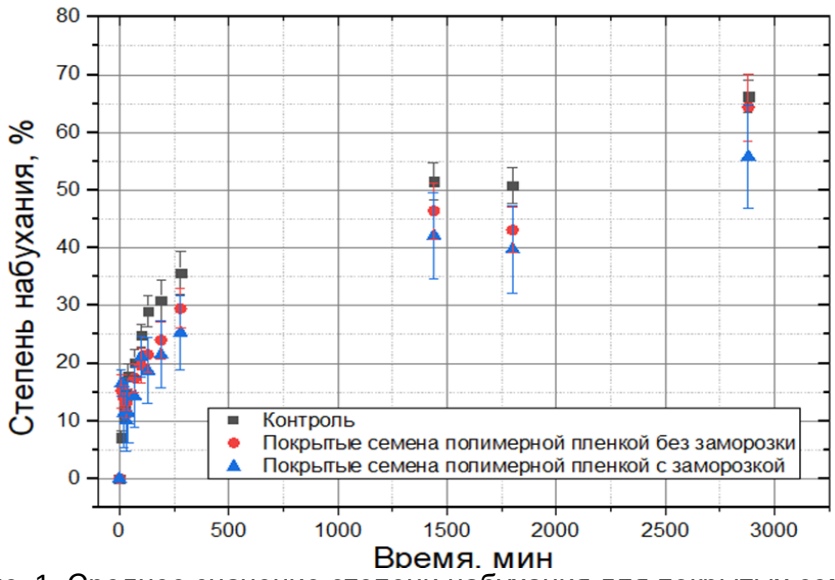


Рис. 1. Среднее значение степени набухания для покрытых семян

На графике (рис. 1) видно, что покрытые семена, которые не были заморожены, и контрольная группа имели лучшую сорбционную способность, чем замороженные семена. Это может быть связано с тем, что полимерная пленка образует барьер, который удерживает воду близко к семени, затрудняя проникновение дополнительной влаги.

На рисунке 2 заметно, что в интервале от 1440 до 1800 минут во всех группах наблюдалось снижение степени набухания. Для более точной оценки результатов рекомендуется повторить эксперимент с повышенным вниманием, чтобы детально изучить этот интервал и исключить возможность человеческой ошибки при проведении эксперимента в первый раз.

Изучение сорбционных характеристик семян, покрытых полимерной пленкой, в промежутке 12–24 часа. В ходе исследования была изучена сорбция семян, обработанных пленкой на основе 6% низкомолекулярного хитозана с добавлением одной капли 40% глиоксаля. Степень набухания была рассчитана по формуле (1), и полученные данные отображены на графиках (рис. 2 и 3).

Как видно из графика (рис. 3), в первых трех измерениях наблюдается снижение сорбционной емкости. Это можно объяснить тем, что полимерная пленка, покрывающая семена, недостаточно эластична, чтобы растягиваться вместе с увеличением объема семян, что приводит к ее отслаиванию от поверхности. На 900–й минуте степень набухания также

уменьшается, поскольку внутри семени начинаются различные биохимические реакции, требующие дополнительных затрат воды.

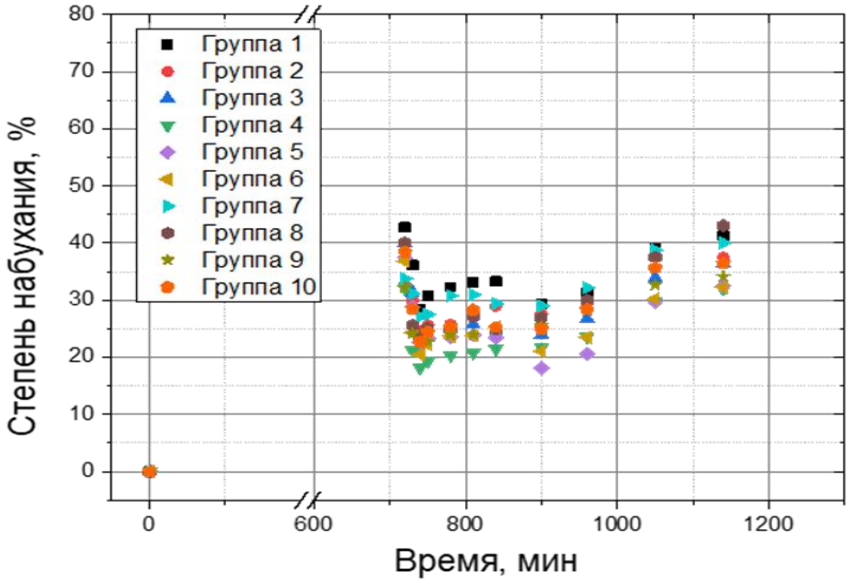


Рис. 2. Степень набухания покрытых семян для 10 групп образцов

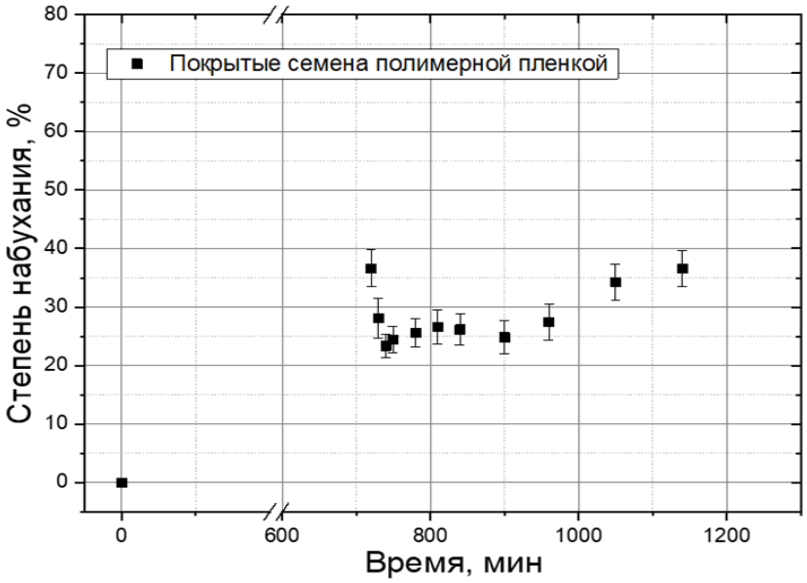


Рис. 3. Среднее значение степени набухания

Заключение

Одним из методов получения полимерной пленки на основе хитозана является приготовление 6% раствора низкомолекулярного хитозана в дистиллированной воде с добавлением капли 40% глиоксаля. Такое соотношение позволяет сформировать тонкую пленку с важными физическими свойствами, обеспечивающую равномерное покрытие семян. Такие полимерные пленки могут содержать органические удобрения или другие добавки, что способствует лучшему прорастанию семян в дальнейшем. Пленки на основе хитозана считаются идеальным материалом благодаря своим биосовместимым и антимикробным свойствам, которые можно модифицировать различными природными или синтетическими полимерами.

Целью данной работы было исследование полимерных покрытий. Поэтому в ходе практической деятельности были изучены различные варианты покрытий на основе хитозана. Установлено, что полимерное покрытие из 6% низкомолекулярного хитозана с добавлением капли 40% глиоксаля показывает наилучшие результаты по прорастанию семян.

Аналогичное покрытие использовалось при анализе сорбционных свойств семян. Эксперимент показал, что степень набухания была самой высокой в контрольной группе, т. е. необработанных семенах. Это связано с тем, что полимерное покрытие удерживает определенное количество влаги из двух других групп семян.

Список использованных источников

1. Sharma K.K., Singh U.S., Sharma P., Kumar A., Sharma L. Seed treatments for sustainable agriculture–A review // Applied and Natural Science. – 2015. – Pp. 521–539.
2. Halmer P. Seed Technology and Seed Enhancement // Acta Horticulturae. – 2008. – Pp. 17–26.
3. Sanchez–Salvador J.L., Balea A., Concepcion–Monte M., Negro C., Blanco A. Chitosan grafted/cross–linked with biodegradable polymers: A review // Internation journal of Biological Macromolecules. – 2021. – P. 5.
4. Kumar S.B., Vyakaranahal B.S., Deshpande V.K., Raikar S.D., Nadaf H.L., Aravinda Kumar B.N. Effect of seed polymer coating on growth and yield of pigeonpea // Journal of Agricultural Sciences. – 2014. – Pp. 469–471.
5. Milani P., França D., Balieiro A.G., Faez R. Polymers and its applications in agriculture // Polímeros. – 2017. – Pp. 256–266.
6. Kumar J., Nisar K., Kumar A., Walia S., Shakil A., Prasad R., Parmar B. Development of polymeric seed coats for seed quality enhancement of soybean // Indian Journal of Agricultural Sciences. – 2007. – Pp. 30–35.
7. Zanino A., Pizzetti F., Masi M., Rossi F. Polymers as controlled delivery systems in agriculture: The case of atrazine and other pesticides // European Polymer Journal. – 2023. – Pp. 212–220.
8. Kenawy E.R., Sherrington D.C., Akelah A. Controlled release of agrochemical molecules chemically bound to polymers // European Polymer Journal. – 1992. – Pp. 841–862.
9. Puoci F., Iemma F., Spizzirri G., Cirillo G., Curcio M., Picci N. Polymer in Agriculture: a Review // Agricultural and Biological Sciences. – 2008. – Pp. 299–314.
10. Li C., Yu Y., Fang A., Feng D., Du M., Tang A., Chen S., Li A. Insight into biosorption of heavy metals by extracellular polymer substances and the improvement of the efficacy: a review // Microbiology. – 2021. – Pp. 1064–1073.
11. Li W., Yu H. Insight into the roles of microbial extracellular polymer substances in metal biosorption // Bioresource Technology. – 2013. – Pp. 15–23.
12. Mao J., Zhao C., Li Y., Xiang D., Wang Z. Highly stretchable, self–healing, and strain–sensitive based on double–crosslinked nanocomposite hydrogel // Composites Communications. – 2020. – Pp. 22–27.
13. Ranga Rao K.V., Devi K.P., Buri P. Cellulose matrices for zero–order release of soluble drugs // Drug Dev Ind Pharm. – 1998. – V. 14. – Pp. 2299–2320.
14. Ganji F., Vasheghani–Farahani S., Vasheghani–Farahani E. Theoretical description of hydrogel swelling: A review // Iran Polym J. – 2010. – V. 19. – Pp. 375–398.
15. Munday D.L., Cox P.L. Compressed xanthan and karaya gum matrices: hydration, erosion and drug release mechanisms // Int J Pharm. – 2000. – V. 203. – Pp. 179–192.
16. Hatakeyama T., Tanaka M., Kishi A., Hatakeyama H. Comparison of measurement techniques for the identification of bound water restrained by polymers // Thermochimica Acta. – 2012. – Pp. 159–163.
17. Wang J., Wu W., Lin Z. Kinetics and thermodynamics of the water sorption of 2–hydroxyethyl methacrylate/styrene copolymer hydrogels // J Appl Polym Sci. – 2008. – V. 109. – Pp. 3018–3023.
18. Crank J. The Mathematics of Diffusion. – Oxford:Clarendon Press. – 1975. – P. 414.

УДК 571.27+615.01

ВОЗДЕЙСТВИЕ АЗИТРОМИЦИНА НА ВРОЖДЕННЫЙ ИММУННЫЙ ОТВЕТ В ГИППОКАМПЕ КРЫС ПРИ ХРОНИЧЕСКОЙ АЛКОГОЛИЗАЦИИ

Бурмакина П.Г. (студент, Университет ИТМО), **Журавлева Д.М.** (студент, Университет ИТМО), **Ереско С.О.** (Университет ИТМО)
Научный руководитель: преподаватель Ереско С.О. (Университет ИТМО)
e-mail: bioengineer.polina@gmail.com

В данном исследовании рассматривается влияние макролидного антибиотика азитромицина на экспрессию генов врожденного иммунитета в гиппокампе мозга крыс на модели длительного воздействия этанола. Результаты могут пролить свет на потенциальное терапевтическое применение азитромицина, известного своими иммуномодулирующими и противовоспалительными свойствами, при нейроиммунных нарушениях, вызванных алкоголизмом, и перспективу восстановления мозга от ущерба, наносимого длительным употреблением алкоголя.
Ключевые слова: *азитромицин, гиппокамп, алкоголизм, гены врожденного иммунитета, нейровоспаление.*

Хроническое употребление алкоголя приводит к множеству физических и психических проблем, включая алкогольную зависимость, заболевания печени, инсульт и когнитивные нарушения. Продолжительное употребление алкоголя вызывает нейротоксичность и повреждает мозг, что приводит к нейродегенерации, уменьшению объема лобной доли и риску раннего начала деменции [1, 2, 3]. Исследование выявило, что хроническое употребление алкоголя вызывает псевдонезрелость нейронов в гиппокампе и префронтальной коре, аналогичную наблюдаемой при психотических расстройствах [4]. Гиппокамп отвечает за эмоции, обучение, когнитивные функции и долгосрочную память [5]. Повреждение гиппокампа из-за употребления алкоголя ведет к когнитивному снижению и потере памяти [6].

Нейровоспалительный ответ играет важную роль в нейротоксическом механизме хронического воздействия алкоголя. Кроме того, статус фосфорилирования тау-белка тесно связан с нейротоксичностью и синаптической функцией. Воспалительные цитокины IL-1β и IL-6 регулируют фосфорилирование тау-белка, а когнитивные нарушения, вызванные хроническим употреблением алкоголя, могут быть связаны с нейровоспалением и гиперфосфорилированием тау-белка в гиппокампе [7]. Для улучшения понимания последствий алкоголизма для нейронов необходимо более комплексное исследование влияния чрезмерного употребления алкоголя в различные периоды жизни, включая подростковый возраст, раннюю зрелость, средний и пожилой возраст, а также на процесс старения [8]. При изучении противовоспалительного механизма азитромицина через изменение сигнальных путей NF-κB и STAT1 в макрофагах было показано, что азитромицин блокирует активацию NF-κB путем уменьшения ядерной транслокации p65 и снижает фосфорилирование STAT1 в зависимости от концентрации и поляризует макрофаги до фенотипа M2 по предлагаемому механизму: азитромицин ингибирует активацию STAT-1, индуцированную IFN-γ, и активацию NF-κB, опосредованную LPS, предотвращая ядерную транслокацию p65 и, следовательно, транскрипцию провоспалительных генов. Это связано с повышением уровней IκBα и снижением активности IKKβ. Увеличение общего количества IKKβ происходит из-за потери отрицательной обратной связи, что приводит к снижению фосфорилирования STAT-1 и уменьшению транскрипции провоспалительных генов, способствуя увеличению экспрессии M2-ассоциированных белков, таких как ARG1 [9].

Гиппокамп млекопитающих способен генерировать новые нейроны на протяжении всей жизни, участвует в обучении, памяти, регуляции настроения и забывании. В исследовании было показано, что азитромицин, применяемый для нейтрализации негативных последствий системного введения LPS у мышей, оказывает мощные нейропротекторные эффекты, улучшая поведение, связанное с депрессией, снижая секрецию провоспалительных цитокинов в гиппокампе и способствуя выживанию и синаптической интеграции новых нейронов.

Эти данные указывают на потенциальную клиническую значимость азитромицина для смягчения негативных последствий хронического воспаления посредством модуляции нейрогенеза и связанных с гиппокампом поведенческих реакций [10]. Хотя точный вклад микроглии и моноцитов в повреждение и восстановление тканей при заболеваниях ЦНС остается плохо изученным, они, тем не менее, представляют собой потенциальные кандидаты для таргетной терапии [11], а такие препараты, как азитромицин, действие которых способно модулировать иммунный ответ, могут быть перспективными кандидатами для коррекции нейровоспалений, вызванных употреблением алкоголя.

Моделирование хронической алкоголизации

Хроническую алкоголизацию (ХА) моделировали внутрижелудочным введением 20%-го раствора этанола (2 г/кг ежедневно) в контрольной и экспериментальной группах крысам Wistar в течение одного месяца. По завершении алкоголизации, в течение 3 дней животным вводили азитромицин (АЗМ) (40 мг/кг, 80 мг/кг, 160 мг/кг; «Хемомицин», порошок для приготовления суспензии для приема внутрь, «Hemofarm», Сербия) через зонд внутрижелудочно. Крысам контрольной группы вводили соответствующий объем водного раствора (Отмена). Образцы гиппокампа мозга крыс изымались на седьмые сутки отмены алкоголя на холоде в соответствии с атласом мозга крыс [12]. Суммарную РНК извлекали с помощью Extract RNA («Евроген», РФ). Обратную транскрипцию выполняли с использованием «MMLV RT kit» («Евроген», РФ). Реал-тайм ПЦР проводилась в амплификаторе Mx3005P («Stratagene», США) в 10 мкл смеси, содержащей SYBR Green MIX («Евроген», РФ) и смесь праймеров («Бигль», РФ) для целевых генов (Hmgb1, Il1β, Ccl2, Myd88, Nfκb1, Irf1, Tlr3). Ген Gapdh был выбран в качестве референсного гена. Данные анализировались методом 2ΔΔCt. Для выявления статистической значимости ($p < 0.05$) между группами использовали критерий Манна-Уитни для малых независимых выборок. В качестве результата приведены графики, содержащие средние значения экспрессии и межквартельный размах.

Результаты

Отмена алкоголя привела к легкому повышению экспрессии Nfkb/p50 (рис. 1), тогда как применение азитромицина привело к значительному повышению уровня экспрессии этого гена, особенно выраженному при дозировке 40 мг/кг.

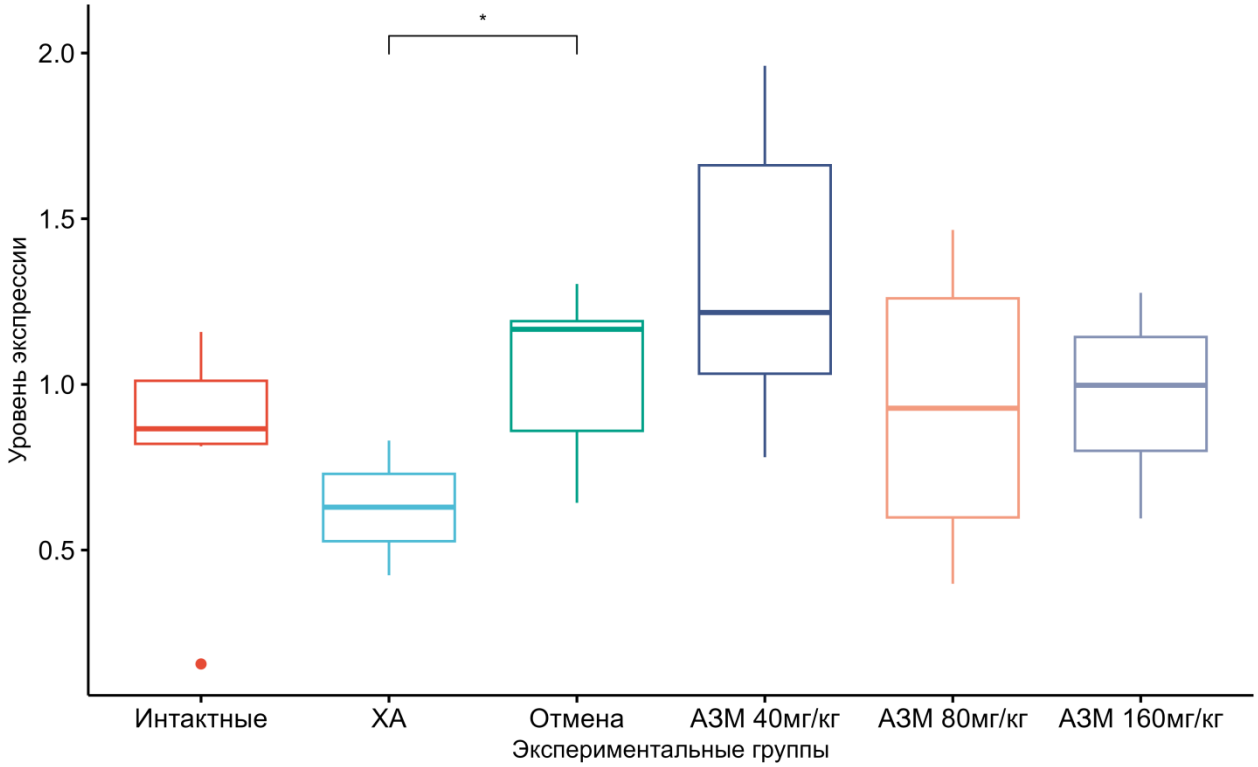


Рис. 1. Уровень экспрессии гена Nfkb/p50

Азитромицин также продемонстрировал способность снижать экспрессию гена Irf1 после отмены длительного употребления этанола (рис. 2).

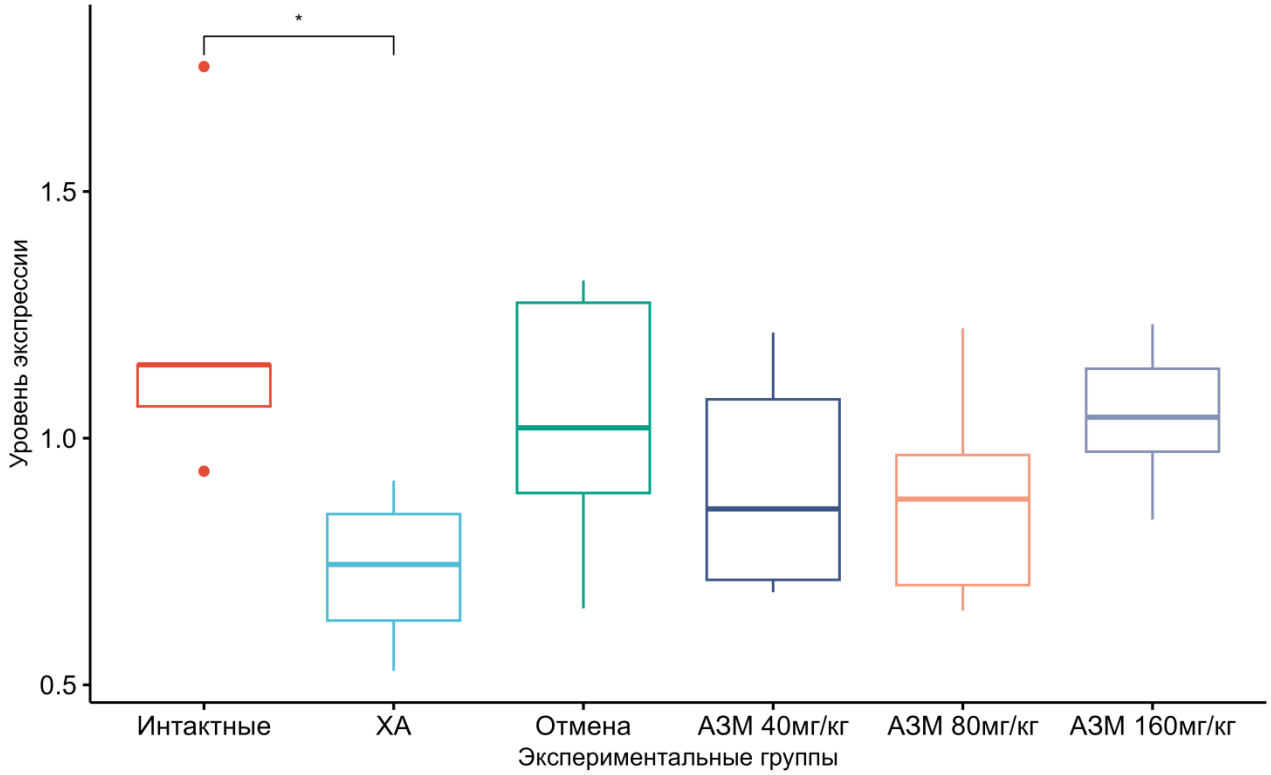


Рис. 2. Уровень экспрессии гена Irf1

В состоянии отмены этанола было отмечено повышение экспрессии Myd88 (рис. 3), которое эффективно снижалось Азитромицином в дозировках 40–80 мг/кг.

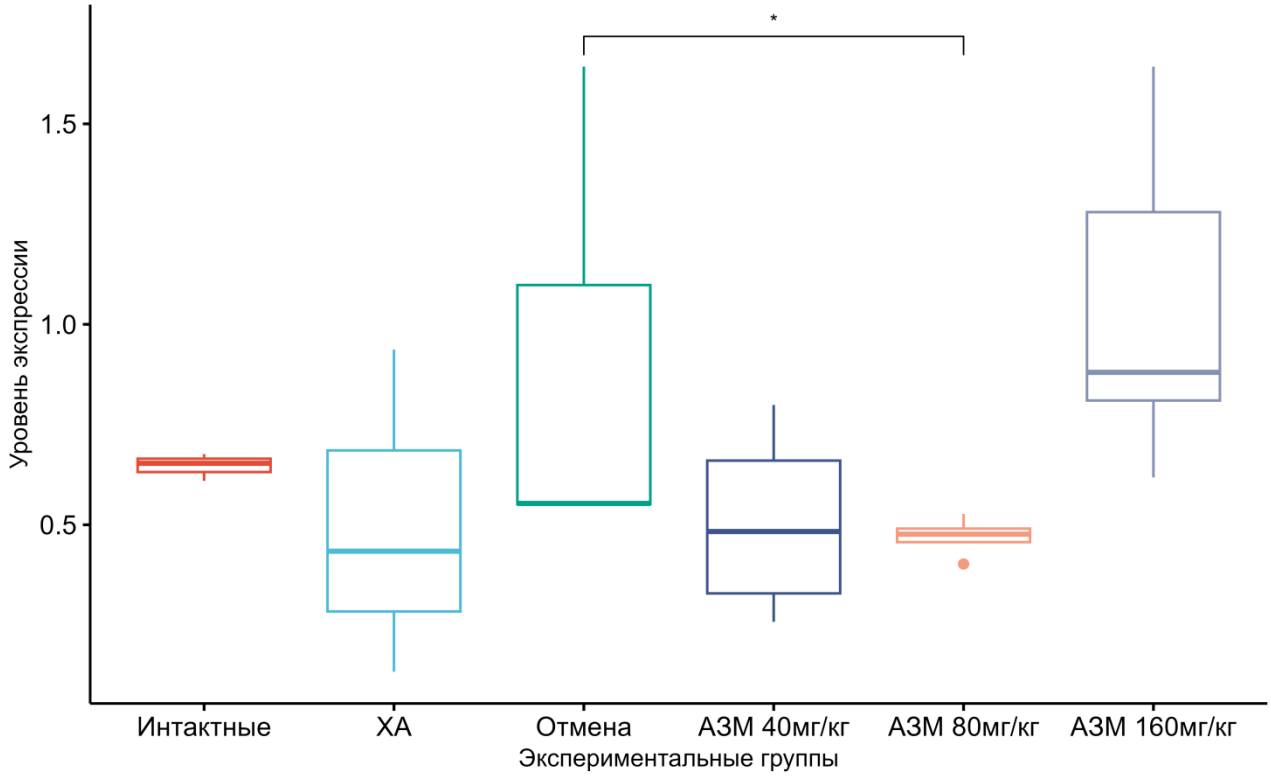


Рис. 3. Уровень экспрессии гена Myd88

Азитромицин статистически значимо снижает уровень экспрессии провоспалительного цитокина Il1β, повышенный в группе отмены алкоголя, до уровня, сопоставимого с интактными животными. Наиболее эффективной оказалась дозировка 40 мг/кг (рис. 4).

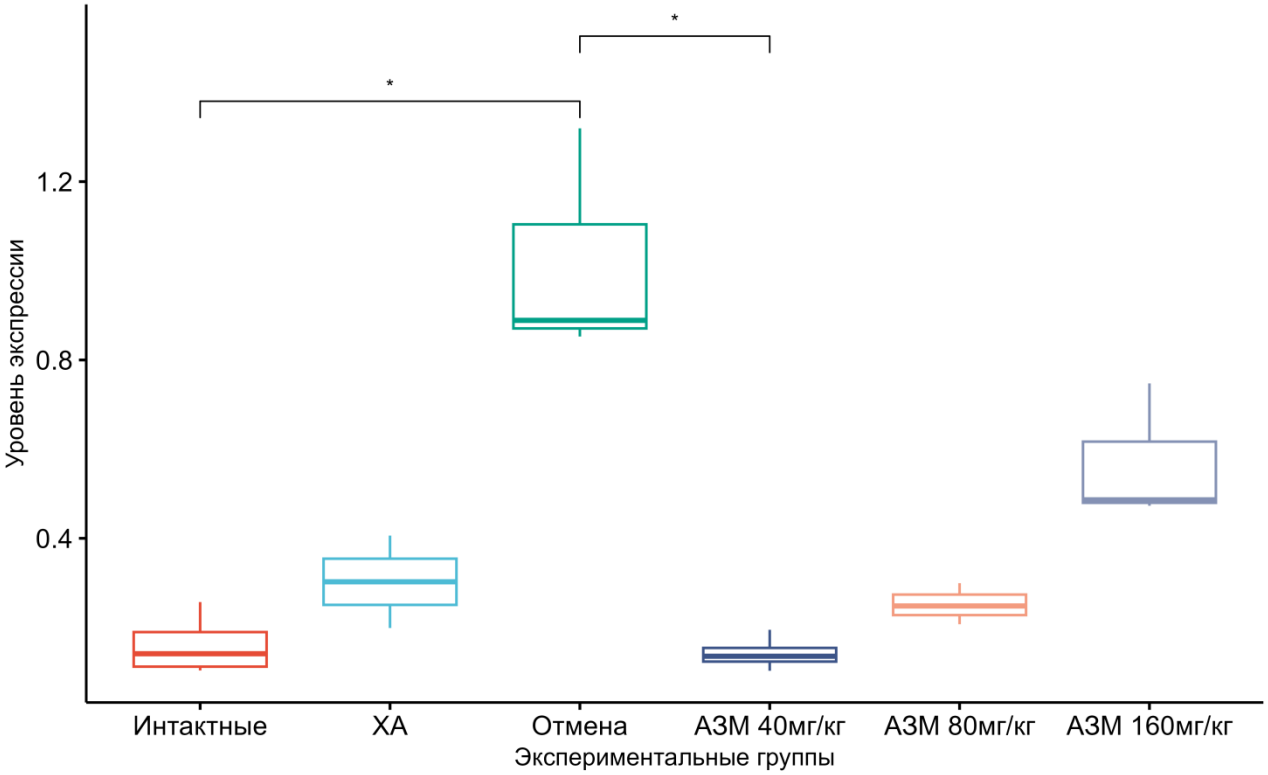


Рис. 4. Уровень экспрессии гена Il1β

Однако на уровень экспрессии другого провоспалительного цитокина Ccl2 введенный препарат и прекращение употребления алкоголя существенного воздействия не оказали (рис. 5).

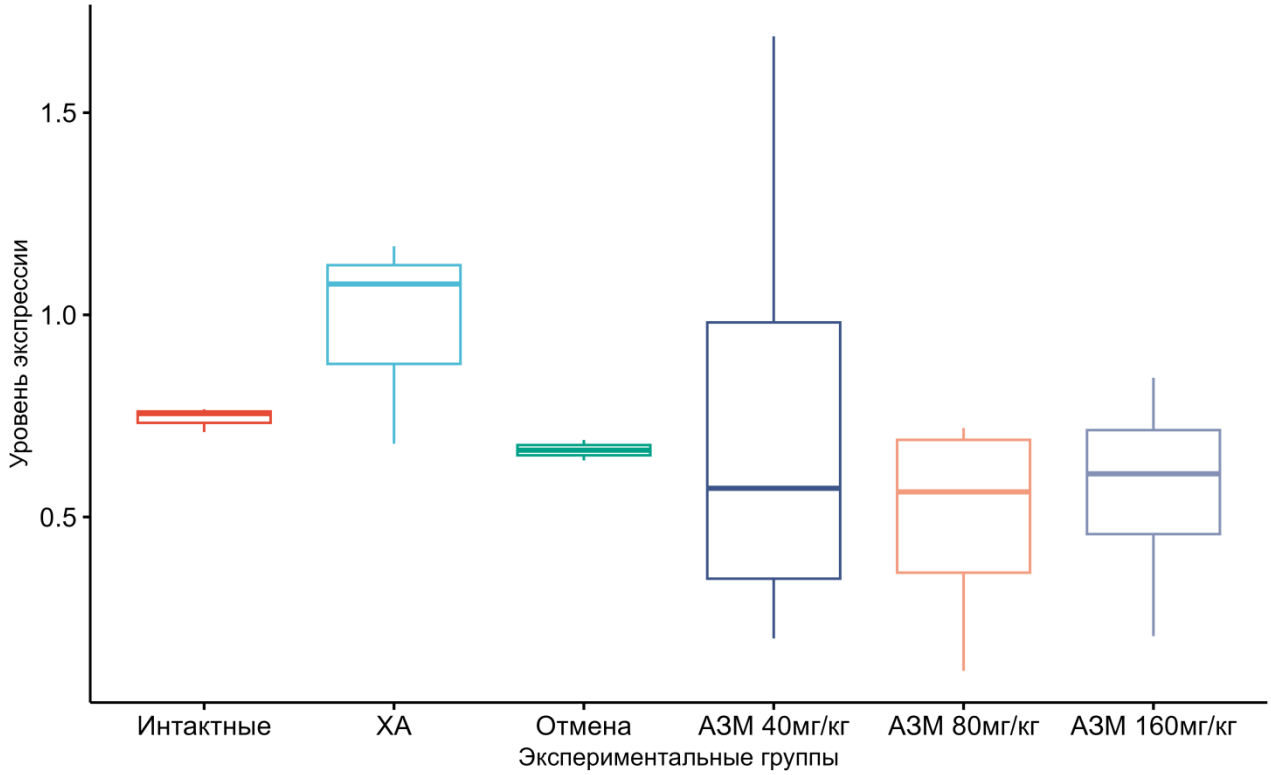


Рис. 5. Уровень экспрессии гена Ccl2

На экспрессию Hmgb1 отмена этанола значимого влияния не оказала, тогда как воздействие азитромицина способствовало небольшому снижению уровня экспрессии этого гена (рис. 6).

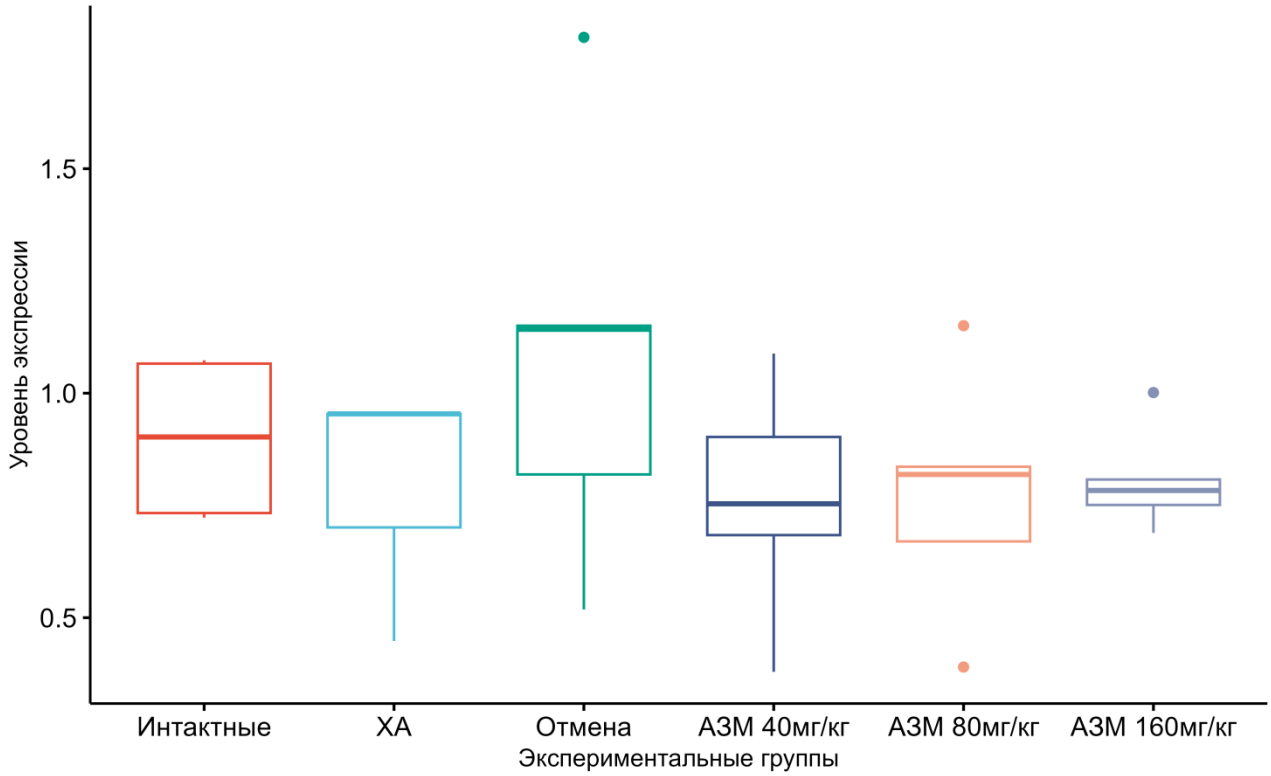


Рис. 6. Уровень экспрессии гена Hmgb1

Азитромицин также способствовал дозозависимому снижению уровня экспрессии гена Tlr3, повышенный уровень которого наблюдался на седьмые сутки после отмены алкоголя (рис. 7).

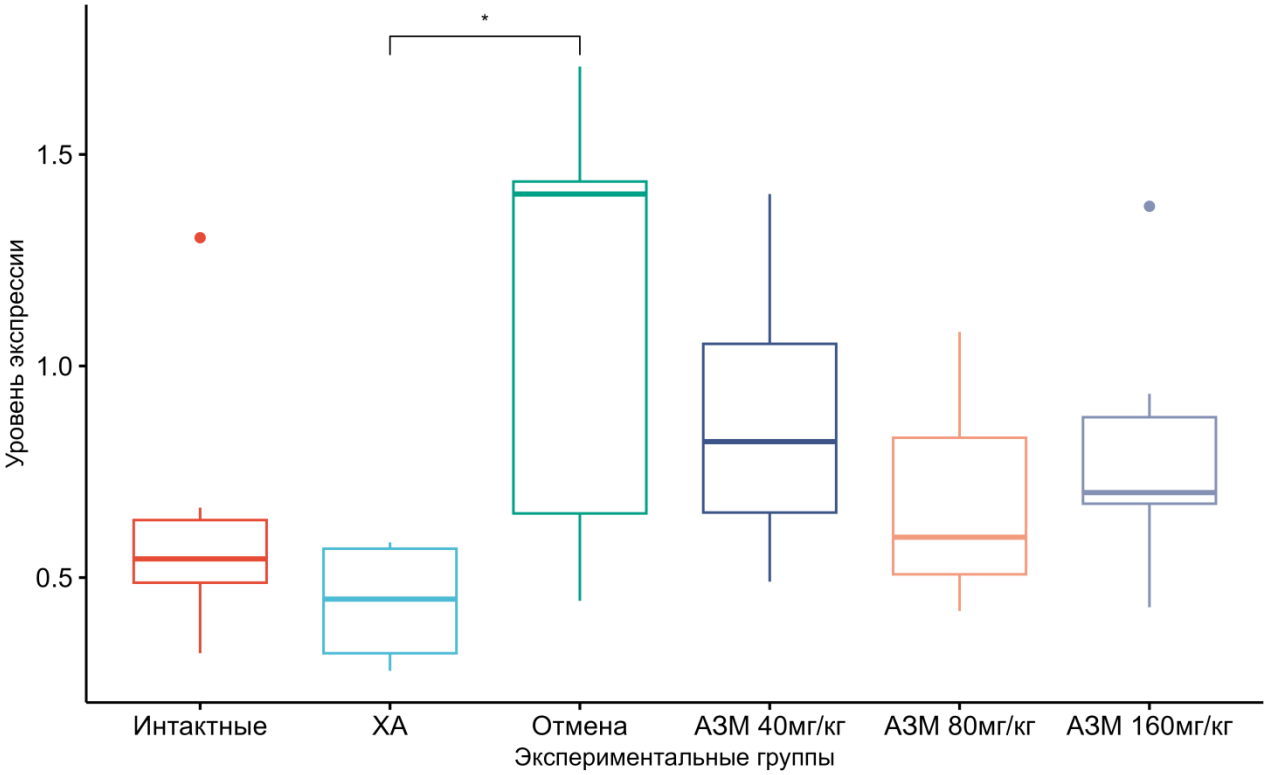


Рис. 7. Уровень экспрессии гена Tlr3

Обсуждение полученных результатов

Введение агониста TLR3 приводило к увеличению добровольного потребления этанола в тесте на выбор из двух бутылок (раствор этанола или вода) и повышению уровней CCL2 и IL1B в префронтальной коре мышей [13, 14]. Также сообщалось, что активация TLR3-сигнализации приводит к высвобождению интерферонов (IFN β и ϒ) нейронами и астроцитами [15]. Полученные нами данные свидетельствуют о возможной активации TLR3-сигнализации, хотя повышения уровня Ccl2 не наблюдалось. Что касается высвобождения интерферонов, мы можем предположить потенциальную активацию на основании экспрессии интерферонового регуляторного фактора Irf1. Учитывая, что уровень его экспрессии несколько снижался после отмены алкоголя, можно предположить, что усиленная выработка интерферонов произошла раньше и снизилась к моменту нашего экспериментального наблюдения. Более точную информацию можно было бы получить, оценив уровень экспрессии самого Ifnϒ и измерив уровень его белка. В ряде исследований IFNϒ в сочетании с LPS использовался как активатор провоспалительного микроглиального фенотипа M1 и сигнальных молекул моноцитов человека, при этом лечение азитромицином нормализовало микроглиальный ответ, снижало уровни Il10 и Il12 и увеличивало экспрессию M2-ассоциированных белков, включая ARG1 [16, 17, 18, 19, 20]. Глиальные клетки обычно демонстрируют низкую базальную активность NF-κB, а NF-κB-индуцированная экспрессия генов защищает нейроны, хотя хроническая или чрезмерная активация NF-κB продемонстрировала токсические эффекты [21]. Семейство факторов транскрипции NF-κB у млекопитающих состоит из пяти белков, причем p65 и p50 признаны ответственными за активацию транскрипции воспалительных цитокинов, и о влиянии азитромицина на белок p65 сообщалось много, в то время как белок p50 часто упускается из виду. В нашем исследовании измерен уровень экспрессии Nf-kB/p50, по которому не существует сопоставимых данных. Фактор миелоидной дифференцировки 88 (MyD88) действует как адаптерный белок, связывая толл-подобные рецепторы (TLRs) через их TIR-домены, что активирует несколько сигнальных путей и в конечном итоге приводит к активации NF-κB (канонический путь активации). MyD88 играет определенную роль в инфекциях ЦНС и последующей активации астроцитов [21]. До нашего исследования влияние AZM на MyD88 не изучалось. Существует гипотеза, что TLR4-MyD88-зависимая сигнализация опосредует острые депрессивные расстройства после употребления этанола, а также может регулировать ГАМК-ергическую передачу в ЦНС [22]. У мышей, лишенных TLR4 или MyD88, наблюдалась пониженная чувствительность к седативному и опьяняющему действию этанола [23]. Эксперименты на животных показали, что употребление этанола приводит к увеличению экспрессии и внеклеточному высвобождению эндогенного лиганда HMGB1 [24]. Взаимодействие этого лиганда с TLRs запускает сложные внутриклеточные каскады реакций, активируя транскрипционные факторы NF-κB и IRFs, что впоследствии усиливает экспрессию целого ряда генов провоспалительных сигнальных молекул (провоспалительных цитокинов, оксидаз, синтазы оксида азота, протеаз) [25]. Поэтому было важно определить уровень этого гена. Статистически значимого эффекта после отмены алкоголя или приема азитромицина не наблюдалось, что согласуется с результатами предыдущих исследований [24].

Заключение

Полученные данные представляют интерес, поскольку проливают свет на молекулярный механизм действия антибиотика на мозг, однако для формирования более полной картины необходим дальнейший сбор данных по экспрессии целевых генов и уровню их белков, а также валидация эффектов препарата на других моделях потребления алкоголя и в различных областях мозга. В данном исследовании впервые продемонстрированы изменения экспрессии генов в гиппокампе крыс после отмены алкоголя на 7-й день. Введение азитромицина в различных дозах (40–160 мг/кг) эффективно корректировало повышенные уровни экспрессии генов Il1β, Myd88 и Tlr3 в AZM в условиях отмены алкоголя. Полученная информация о молекулярных мишенях азитромицина в мозге на этой модели открывает новые возможности для фармакологической коррекции, делая антибиотик перспективным кандидатом для

решения этой проблемы. Необходимы дальнейшие исследования других схем введения этанола и животных моделей, чтобы расширить имеющиеся данные об эффекте, оптимизировать дозировку и подтвердить безопасность препарата. Учитывая способность азитромицина проникать через гематоэнцефалический барьер, полученные данные о его молекулярных мишенях в мозге во время хронической алкоголизации и в условиях отмены открывают новые возможности для коррекции некоторых последствий и делают этот препарат перспективным кандидатом для фармакологической коррекции нейровоспаления.

Список использованных источников

1. Pfefferbaum A., Sullivan E.V., Mathalon D.H., Lim K.O. Frontal lobe volume loss observed with magnetic resonance imaging in older chronic alcoholics // Alcohol Clin Exp Res. – 1997. – №. 21. – Pp. 521–529.
2. Schwarzinger M., Pollock B.G., Hasan O.S.M., Dufouil C., Rehm J. Contribution of alcohol use disorders to the burden of dementia in France 2008–13: a nationwide retrospective cohort study // Lancet Public Health. – 2018. – №. 3. – Pp. e124–e132.
3. Sutherland G.T., Sheedy D., Kril J.J. Neuropathology of alcoholism // Handb Clin Neurol. – 2014. – №. 125. – Pp. 603–615.
4. Murano T., Koshimizu H., Hagihara H., Miyakawa T. Transcriptomic immaturity of the hippocampus and prefrontal cortex in patients with alcoholism // Scientific reports. – 2017. – №. 7. – P. 44531.
5. Lazarov O., Hollands C. Hippocampal neurogenesis: learning to remember // Prog Neurogibol. – 2016. DOI: 10.1016/j.pneurobio.2015.12.006.
6. Cheng C., Huang C.L., Tsai C.J., Chou P.H., Lin C.C., Chang C.K. Alcohol-related dementia: a systemic review of epidemiological studies // Psychosomatics. – 2017. – №. 58. – Pp. 331–342.
7. Jiang C., Zhang Y., Tang X., Jing C., Qiu S., Li B., Li Y. IL-6 and IL-1β upregulation and tau protein phosphorylation in response to chronic alcohol exposure in the mouse hippocampus // Neuroreport. – 2021. – №. 32(10). – Pp. 851–857.
8. Nunes P.T., Kipp B.T., Reitz N.L., Savage L.M. Aging with alcohol-related brain damage: Critical brain circuits associated with cognitive dysfunction // International review of neurobiology. – 2019. – №. 148. – Pp. 101–168.
9. Haydar D., Cory T.J., Birket S.E., Murphy B.S., Pennypacker K.R., Sinai A.P., Feola D.J. Azithromycin Polarizes Macrophages to an M2 Phenotype via Inhibition of the STAT1 and NF-κB Signaling Pathways // J Immunol. – 2019. – №. 203 (4). – Pp. 1021–1030.
10. Rodríguez-Moreno C.B., Cañeque-Rufo H., Flor-García M., Terreros-Roncal J., Moreno-Jiménez E.P., Pallas-Bazarra N., Bressa C., Larrosa M., Cafini F., Llorens-Martín M. Azithromycin preserves adult hippocampal neurogenesis and behavior in a mouse model of sepsis // Brain, behavior, and immunity. – 2024. – №. 117. – Pp. 135–148.
11. Spiteri A.G., Wishart C.L., Pamphlett R. et al. Microglia and monocytes in inflammatory CNS disease: integrating phenotype and function // Acta Neuropathol. – 2022. – №. 143. – Pp. 179–224.
12. Paxinos G., Watson Ch. The rat brain in stereotaxic coordinates: compact. 7th ed. – 2017. – 388 p.
13. Shepilov D. et al. Maternal antibiotic administration during gestation can affect the memory and brain structure in mouse offspring // Frontiers in cellular neuroscience. – 2023. – Vol. 17 1176676. DOI: 10.3389/fncel.2023.1176676.
14. Warden A.S., Azzam M., DaCosta A., Mason S., Blednov Y.A., Messing R.O., Mayfield R.D., Harris R.A. Toll-like receptor 3 dynamics in female C57BL/6J mice: Regulation of alcohol intake // Brain, behavior, and immunity. – 2019. – №. 77. – Pp. 66–76.
15. Lawrimore C.J., Coleman L.G., Crews F.T. Ethanol induces interferon expression in neurons via TRAIL: role of astrocyte-to-neuron signaling // Psychopharmacology. – 2019. – №. 236(10). – Pp. 2881–2897.
16. Zhang B., Kopper T.J., Liu X., Cui Z., Van Lanen S.G., Gensel J.C. Macrolide derivatives reduce proinflammatory macrophage activation and macrophage-mediated neurotoxicity // CNS neuroscience & therapeutics. – 2019. – №. 25(5). – Pp. 591–600.
17. Zhang B., Bailey W.M., Kopper T.J. et al. Azithromycin drives alternative macrophage activation and improves recovery and tissue sparing in contusion spinal cord injury // J Neuroinflammation. – 2015. – №. 12. – 218 p.
18. Murphy B.S., Sundareshan V., Cory T.J., Hayes D., Anstead M.I., Feola D.J. Azithromycin alters macrophage phenotype // Journal of Antimicrobial Chemotherapy. – 2008. – Vol. 61. – Iss. 3. – Pp. 554–560.
19. Haydar D., Cory T.J., Birket S.E., Murphy B.S., Pennypacker K.R., Sinai A.P., Feola D.J. Azithromycin Polarizes Macrophages to an M2 Phenotype via Inhibition of the STAT1 and NF-κB Signaling Pathways // J Immunol. – 2019. – №. 203 (4). – Pp. 1021–1030.
20. Rodríguez-Moreno C.B. et al. Azithromycin preserves adult hippocampal neurogenesis and behavior in a mouse model of sepsis // Brain, behavior, and immunity. – 2024. – Vol. 117. – Pp. 135–148.
21. Бабкина И.И., Сергеева С.П., Горбачева Л.Р. Роль транскрипционного фактора NF-κB в нейровоспалении // Нейрохимия. – 2021. – №. 38 (2). – С. 111–126.
22. Breese G., Knapp D., Overstreet D. et al. Repeated Lipopolysaccharide (LPS) or Cytokine Treatments Sensitize Ethanol Withdrawal-Induced Anxiety-Like Behavior // Neuropsychopharmacol. – 2008. – №. 33. – Pp. 867–876.

23. Blednov Y.A., Black M., Benavidez J.M., Da Costa A., Mayfield J., Harris R.A. Alcoholism: Clinical and Experimental Research // Neuropharmacology. – 2017. – №. 41(3). – Pp. 531–540.
24. Airapetov M.I., Eresko S.O., Bychkov E.R., Lebedev A.A., Shabanov P.D. Ékspressiia gena HMGB1 izmeniaetsia v striatume i amigdale mozga krys pri dlitel'noĭ alkogolizatsii i otmene étanola [HMGB1gene expression changes in the striatum and amigdal of the rat's brain under alcoholization and ethanol withdrawal] // Biomeditsinskaia khimiia. – 2021. – №. 67(1). – Pp. 95–99.
25. Airapetov M., Eresko S., Lebedev A., Bychkov E., Shabanov P. The role of Toll-like receptors in neurobiology of alcoholism // Bioscience trends. – 2021. – №. 15(2). – Pp. 74–82.

УДК 571.27+615.01

ГЕНОМНЫЙ ПРОФИЛЬ ФИТОСТИМУЛИРУЮЩЕЙ БАКТЕРИИ РОДА BACILLUS: РОЛЬ НЕРИБОСОМАЛЬНЫХ ПЕПТИДОВ В МОДУЛЯЦИИ РОСТА И РАЗВИТИЯ РАСТЕНИЙ

Гуляева А.Ю. (магистрант, Университет ИТМО)
Научный руководитель: д.б.н. Празднова Е.В. (Южный федеральный университет)
e-mail: auguliaeva@gmail.com

В статье рассматривается анализ нового штамма Bacillus atrophaeus AG-8, выделенного из почвы Ростовской области, и его потенциал как фитостимулятора для сельскохозяйственных культур. Проведено полногеномное секвенирование данного штамма с использованием платформы MinION, выявлено 7396 кодирующих последовательностей и 18 биосинтетических кластеров генов, ответственных за синтез различных вторичных метаболитов, включая нерибосомальные пептиды, поликетиды, бактериоцины и сидерофоры. Эти соединения обладают антибактериальными, противогрибковыми свойствами и могут способствовать биоконтролю фитопатогенов и модуляции иммунитета растения-хозяина. В экспериментах in vivo штамм AG-8 значительно улучшил рост и развитие пшеницы, что подчеркивает его перспективность для агропромышленного применения.
Ключевые слова: *PGPB, Bacillus, NRPS, фитостимуляция, липопептиды, нанопоровое секвенирование.*

Поиск новых штаммов, способных стимулировать рост сельскохозяйственных культур является актуальным направлением в науке. В частности, активно исследуется применение бактерий рода Bacillus и Paenibacillus в качестве потенциальных фитостимуляторов (PGPB). Геном бацилл содержит множество биосинтетических кластеров, ответственных за синтез вторичных метаболитов. Данные микроорганизмы способны как к рибосомальному синтезу пептидов, например, бактериоцинов, так и к нерибосомальному при помощи NRPS- и PKS-комплексов. Бактерии рода Bacillus уже давно известны производством сложных циклических и линейных нерибосомально синтезируемых липопептидов, включая сурфактины, итурины, фенгицины, фузарицидины, а также поликетидов с мощными противомикробными свойствами, например, дифицидин, бациллин и макролактин [1]. В то же время такие рибосомально синтезируемые пептиды (бактериоцины), как субланцин, субтилозин, эрицин, мерсацидин, также широко распространены среди данных микроорганизмов [2, 3].

Так, нерибосомально синтезируемые пептиды способны проявлять широкую антибактериальную и противогрибковую активность. Нерибосомальные пептиды представляют собой группу вторичных метаболитов, синтезируемых гигантскими мультидоменными ферментными комплексами – нерибосомальными пептидсинтетазами. Эти мультиэнзимы способны синтезировать различные пептиды путем добавления неклассических аминокислот, включая D-аминокислоты, β-аминокислоты, N-метилированные аминокислоты [4]. Способность к синтезу данных метаболитов является потенциальным маркером бактерий-фитостимуляторов (plant growth-promoting bacteria, PGPB), перспективных для использования агропромышленности.

Нами был секвенирован новый штамм Bacillus atrophaeus AG-8, ранее выделенный из почвы Ростовской области. В вегетационном опыте на проростках пшеницы Triticum aestivum данный штамм показал наилучшие результаты из 24 аналогичных почвенных изолятов, улучшив рост и развитие стеблей и корней и стеблей на 141% и 169,4% % соответственно. Полногеномное секвенирование выполнялось на платформе MinION (Oxford Nanopore Technologies, Великобритания). Качество полученных прочтений анализировали при помощи программы NanoPlot, сборку генома осуществляли с использованием геномного ассемблера unicycler и ragout. Аннотацию генома выполняли программой Prokka v1.14.5 и при помощи веб-сервера RAST (Rapid *Annotation* using Subsystem Technology), анализ метаболических путей был выполнен с помощью KEGG (*Kyoto Encyclopedia of Genes and Genomes*) BlastKOALA. Потенциал штамма по продукции антибиотиков и вторичных метаболитов определяли,

используя сервер antiSMASH. Визуализация полученной кольцевой хромосомы проводилась программой genovi.

В ходе секвенирования ONT и обработки прочтений была получена его полногеномная нуклеотидная последовательность длиной 4.2 Мб. В результате автоматической аннотации генома при помощи веб-сервера RAST было предсказано 7396 белок-кодирующих последовательностей (coding sequence, CDS), 106 генов РНК. Среднее значение G+C у генома равно 43,3%, что является характерным для данного вида, значение N50 равно 2147402.

Анализ последовательностей консервативных генов 16S рРНК показал, что исследуемый штамм филогенетическую принадлежность к виду *Bacillus atrophaeus*. На рисунке 1 визуализирована полученная кольцевая хромосома.

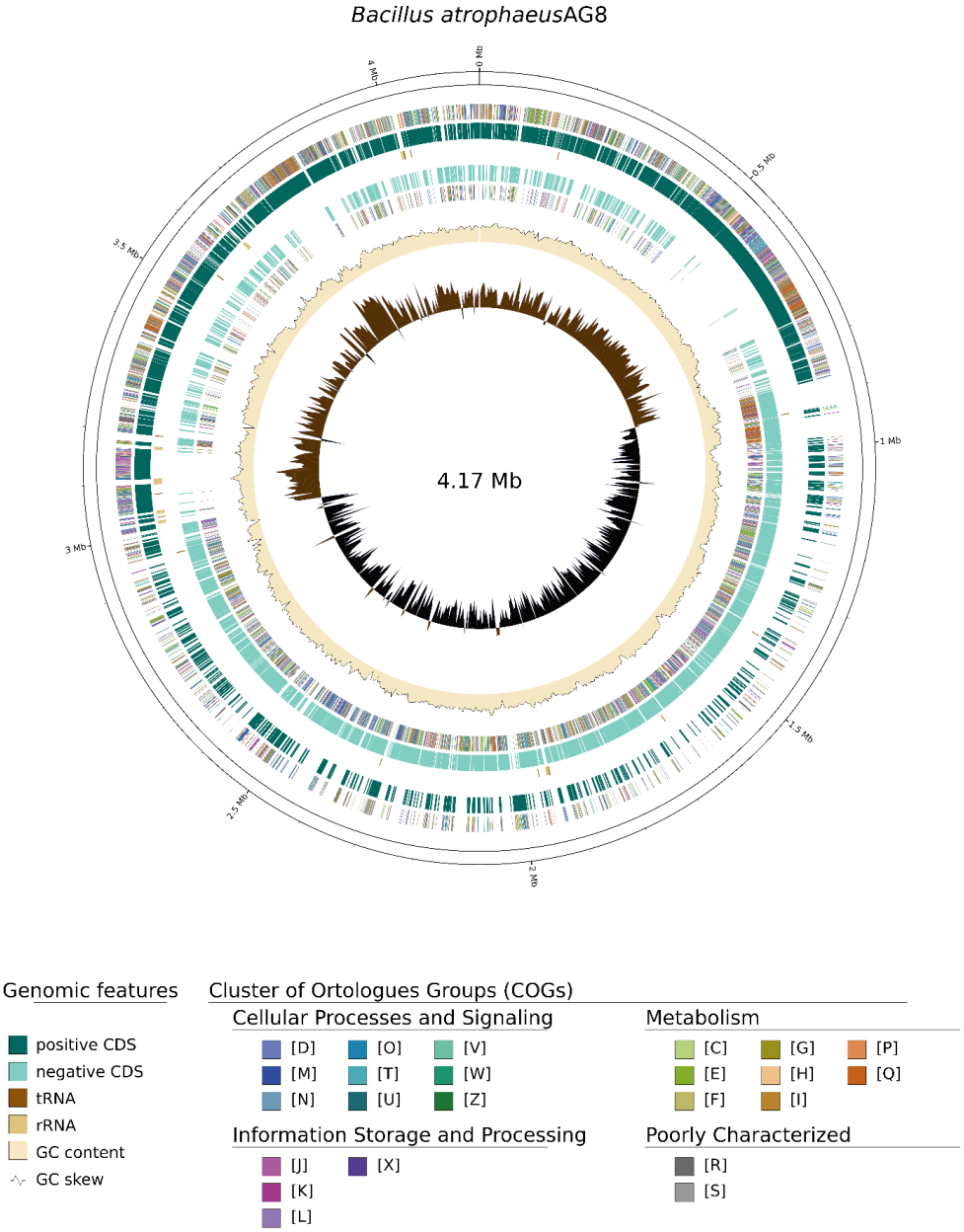


Рисунок. Визуализация кольцевой хромосомы исследуемого штамма и кластеры ортологичных генов

Геном исследуемого штамма содержит 18 биосинтетических генных кластеров, отвечающих за синтез различных вторичных метаболитов, включая нерибосомальные пептиды, поликетиды, бактериоцины. Так, анализ метаболических путей при помощи KEGG

показал в геноме наличие генов синтеза циклических антибиотиков грамицидина S (*grsAB*), тироцидина (*tycABC*), генов, кодирующих рибосомально синтезируемые пептиды субтилозин А (*sboA*), субтилин (*aprE*), нерибосомальную алкилпирон-синтетазу (*bpsA)* и кластер генов итурина (*ituDC*).

Кроме бациллибактина (*dhbACEBF*), из сидерофоров были найдены ферри-бациллибактин (*besA*), энтеробактин (*entABD*), петробактин (*yclNOPQ*) и кластер *sirABC*. Более того, данный штамм имеет некоторые гены, относящиеся к пути биосинтеза фитогормона-ауксина (*trpABCDEF* и *pabA*) и фиксации молекулярного азота (*nifU* и *nifF*). Стоит отметить, что в геноме не был найден полный набор *nif*-генов, необходимый для осуществления азотфиксации. Однако вполне вероятно, что исследуемый штамм, не имя возможности самостоятельно осуществлять данный процесс, может вступать в симбиоз с другими диазотрофами, тем самым частично участвуя в азотфиксации.

В частности, анализ метаболических путей при помощи KEGG показал в геноме данного штамма наличие генов синтеза циклических антибиотиков грамицидина S (*grsAB*), тироцидина (*tycABC*), генов, кодирующих рибосомально синтезируемые пептиды субтилозин А (*sboA*), субтилин (*aprE*), и кластер генов итурина (*ituDC*), сидерофоры бациллибактин (*dhbACEBF*) ферри-бациллибактин (*besA*), энтеробактин (*entABD*), петробактин (*yclNOPQ*). Кроме того, были обнаружены гены, участвующие в процессе азотфиксации, солюбилизации фосфатов, биосинтезе триптофана, синтезе летучих соединений, подавлении биопленкообразования.

Проникновение PGPB в организм хозяина происходит через уже поврежденные ткани растений, в другом же случае для успешной интернализации и колонизации растения-хозяина бактериям требуются гидролитические ферменты, разрушающие клеточную стенку [5]. Гидролитические ферменты AG8 представлены лихениназой (*bglS)*, пулланазой (*pulA*), фитазой (*phy*), целлобиазой (*celB*), пектиназой (*pelC*), а также хитиназой, что может позволять бактерии осуществлять биоконтроль грибковых патогенов. Возможному фитостимулирующему действию может также способствовать синтез летучих соединений, например, 2,3-бутандиола и ацетоина, поскольку геном *B. atrophaeus* AG8 содержит гены *ilvBH, alsS* (ацетолактатсинтазы), *alsD* (ацетолактатдекарбоксилазы) и *butB* (2,3-бутандиол-дегидрогеназы). В таблице представлена совокупность генов вторичных метаболитов, найденных в геноме штамма AG8, которые тем или иным способом способны обуславливать фитостимулирующую активность.

Таблица. **Гены вторичных метаболитов, ассоциированных с PGPB, найденные в геноме AG8**

НРПС и ПКС	*baeED (бациллин), fusA (фузарицидин), ituDC (итурин), surfABCD (сурфактин), фенгицин (fenABCDE), bpsA (алкилпирон), tycABC (тироцидин), grsAB (грамицидин S), аурантинин*, латероцидин**, бацилломицин**
Сидерофоры	*yclNOPQ (петробактин\антрахелин), sirABC, entABD (энтеробактин), dhbACEBF (бациллибактин), besA (ферри-бациллибактин)*
Бактериоцины	*sboA (субтилозин А), aprE (субтилизин)*
Гидролитические ферменты	*bglS (лихениназа), pulA (пулланалаза), phy (3-фитаза), хитиназа, celB (целлобиаза), pelC (пектиназа), lipA (липаза), htrA (протеаза), bglA(глюконаза), nprE (бацилолизин)*
Метаболизм азота и фосфора	*nifUF (азотфиксация), phoABDRHL, ppaC, pstACS (фосфатазы и транспортеры)*
Биосинтез фитогормонов	*trpABCDEF, pabA (синтез триптофана)*
Кворум-квенчинг	*ytnP (предполагаемая лактоназа), ahlD (N-ацил-гомосерин-лактоназа)*
Летучие соединения	*alsDE, butB, ilvABC, acoABR (синтез ацетоина и 2,3-бутандиола)*

*Примечание: * и ** – идентичность с известными кластерами <50% и <15%, соответственно*

По данным литературы многие липопептиды, продуцируемые *Bacillus*, например, сурфактин, итурин, плипастатин, фенгицин и другие, способствуют индукции ISR у клеток растений путем регуляции и активации сигнальный путей, например, липоксигеназного [6, 7]. Так, например, было обнаружено, что липопептиды *B. amyloliquefaciens*, подобные сурфактину, активируют экспрессию гена иммунитета (PDF 2.1), который кодирует защитный пептид дефензин против *Rhizoctonia solani* в салате-латуке [8].

Более того, исследования продемонстрировали, что липопептид сурфактин запускает формирование биопленки на филлоплане (поверхности листьев) дыни, что способствует биоконтролирующей активности в отношении *Pectobacterium carotovorum, Xanthomonas campestris* и *Podosphaera fusca* [9]. Так, вполне возможно, что исследуемый штамм *B. atrophaeus* AG8 штамм благодаря наличию генов синтеза различных липопептидов способен активировать системную устойчивость у растений, что и станет предметом дальнейших исследований.

Список использованных источников

1. Kaspar F., Neubauer P., Gimpel M. Bioactive secondary metabolites from Bacillus subtilis: a comprehensive review // Journal of natural products. – 2019. – V. 82. – №. 7. – Pp. 2038–2053.
2. Caulier S. et al. Overview of the antimicrobial compounds produced by members of the Bacillus subtilis group // Frontiers in microbiology. – 2019. – V. 10. – P. 435128.
3. Sumi C.D. et al. Antimicrobial peptides of the genus Bacillus: a new era for antibiotics // Canadian journal of microbiology. – 2015. – V. 61. – №. 2. – Pp. 93–103.
4. Roongsawang N., Washio K., Morikawa M. Diversity of nonribosomal peptide synthetases involved in the biosynthesis of lipopeptide biosurfactants // International journal of molecular sciences. – 2010. – V. 12. – №. 1. – Pp. 141–172.
5. Armenova N. et al. Bacillus velezensis R22 inhibits the growth of multiple fungal phytopathogens by producing surfactin and four fengycin homologues // Biotechnology & Biotechnological Equipment. – 2024. – V. 38. – №. 1. – P. 2313072.
6. Asari S. et al. Insights into the molecular basis of biocontrol of Brassica pathogens by Bacillus amyloliquefaciens UCMB5113 lipopeptides // Annals of botany. – 2017. – V. 120. – №. 4. – Pp. 551–562.
7. Stringlis I. A. et al. Microbial small molecules–weapons of plant subversion // Natural Product Reports. – 2018. – V. 35. – №. 5. – Pp. 410-433.
8. Chowdhury S.P. et al. Biocontrol mechanism by root-associated Bacillus amyloliquefaciens FZB42–a review // Frontiers in microbiology. – 2015. – V. 6. – P. 137829.
9. Ajijah N. et al. Plant growth-promoting bacteria (PGPB) with biofilm-forming ability: a multifaceted agent for sustainable agriculture // Diversity. – 2023. – V. 15. – №. 1. – P. 112.

УДК 539.1.047

РАЗРАБОТКА НОВОЙ МЕТОДИКИ КОНТРОЛЯ ВЫБРОСОВ ТРИТИЯ В АТМОСФЕРУ И ОЦЕНКА ИХ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ

Дмитриева Д.В. (студент, СПБГУТ)
Научный руководитель: д.ф.-м.н. Давыдов В.В. (СПбПУ)
e-mail: davydov_vadim66@mail.ru

Обоснована необходимость оптимизаций мероприятий по контролю выбросов трития в районе Ленинградской атомной электрической станции (АЭС). Было установлено, что основной фактор увеличения годовой дозы облучения у населения формируют продукты питания, произведённые в пределах 50 километров от АЭС. На основе анализа результатов полученных данных разработан новый алгоритм с компьютерным кодом для повышения достоверности определения возможного присутствия трития.
Ключевые слова: *тритий, атомная электрическая станция, контроль, выброс в атмосферу, дозиметр, компоненты радиоактивного излучения.*

С каждым годом население планеты требует все больше продуктов питания [1–3]. Это происходит при сокращении площадей сельскохозяйственных полей [2–4] и ухудшение экологической обстановки [5, 6]. Кроме того, происходит медленное истощение почв на используемых сельскохозяйственных полях [3, 4]. Кроме того, почва загрязнена различными выбросами в результате деятельности человека [2, 5, 6]. Это привело к сокращению количества посевных площадей. Поэтому в развитых странах, где большое число атомных электрических станций (АЭС) часть полей и сельскохозяйственных угодий находится недалеко от них [5, 7, 8]. В связи с необходимостью получения больших мощностей электрической энергии для решения различных задач в развитых странах число АЭС возрастает [7–11]. Это приводит к увеличению числа случаев расположения полей и сельхозугодий в 70-километровой зоне вокруг АЭС.

Эксплуатация АЭС приводит к загрязнению близлежащих территорий и водных объектов радиоактивными изотопами и радионуклидами [10–13]. Эти изотопы и радионуклиды попадают в атмосферу по причине различных выбросов или утечек на АЭС. Системы фильтрации, находящиеся в эксплуатации на АЭС, не способны в полной мере контролировать их концентрацию и обеспечивать полную очистку воздушных потоков. Поэтому, полностью исключить попадание опасных веществ в окружающую среду невозможно.

Одним из опасных веществ, содержащихся в выбросах, является радиоактивный изотоп водорода – тритий, период полураспада которого составляет 12.3 лет, что создает серьезную опасность для близлежащих районов, так как на протяжении всего периода полураспада изотоп испускает β-частицы со средней энергией 5.7 кэВ [13–16]. Поступление трития в окружающую среду с объектов атомной энергетики может достигать уровня 4.4·1017 Bq/год [12–14, 16]. Несмотря на естественное содержание трития в атмосфере, дополнительные выбросы сильно усугубляют экологическую обстановку. При попадании трития в продукты питания возникает опасность для человека, так как тритий накапливается в организме [11, 13, 16]. Поэтому исследование выбросов трития и изучение возможности их контроля представляют собой актуальную задачу для прикладной физики.

Методика изучения образцов

Причиной образования трития является работа ядерного реактора на большой мощности. Тритий в активной зоне образуется за счет тройного деления ядер топлива и ядерных реакций. При высоких температурах различные соединения трития в газообразной и жидкой формах перемещаются в замкнутых технологических системах АЭС. Попадание трития в воздух реакторного отделения и помещения специальной водоподготовки приводит к выбросу трития в окружающую среду через вентиляционные трубы АЭС. Объемная активность трития в газообразных выбросах определяется учеными расчетным методом с использованием данных измерения активности в исследуемом образце смеси воздуха или водной среды.

На сегодняшний день для определения объемной активности трития в воздушных выбросах применяются спектрометры. В нашей работе для контроля плотности загрязнения использовался спектрометр QUANTULUS 1220, представленный на рисунке 1. Было установлено, что классический метод определения трития в образце по наличию β-излучение при исследовании воды, почвы и продуктов не всегда дает положительный результат.

Рис. 1. Спектрометр QUANTULUS 1220

У отобранных образцов проводились предварительные измерения мощности радиоактивного излучения по трем компонентам (α, β и γ). Измерения проводились вне лаборатории с использованием многофункционального дозиметра МКС-АТ1117М, внешний вид которого представлен на рисунке 2. Проведенные исследования показали, что, распадаясь, тритий превращается в гелий, выделяя при этом довольно интенсивное β-излучение. Энергия его β-частиц относительно невелика. Поэтому однозначно определить наличие трития по регистрации β-излучения затруднительно. Для повышения достоверности определения возможного присутствия трития в исследуемом образце был разработан новый алгоритм с компьютерным кодом. Для его реализации были проведены измерения мощности излучения PR от трех типов частиц (α, β и γ). Далее проводились повторные измерения на небольшом расстоянии от образца. А на более удаленном расстоянии (от 5 см с шагом 2 см) измерялась экспозиционная доза от γ-излучения. Все эти значения были введены в персональный компьютер. Разработанный алгоритм сравнивает значения PR для разных типов частиц, их взаимосвязь между собой и характер изменения от расстояния до источника радиоактивного излучения.

В наших исследованиях учитывалось влияние трития на почву, луговые травы и плодовые деревья. Отдельно рассматривалась вода, которую используют для полива растений, так как тритий попадает в продукты, а затем и в организм человека. Для расчета влияния мы предлагаем использовать следующую формулу:

$$D = F \cdot K \cdot \frac{C_t}{H_a}. \quad (1)$$

где F – поправочный коэффициент, учитывающий различные факторы в месте проведения исследования (экспериментально определяется каждый год), $K=2.6\cdot10^{-8}$ (Sv/year)/(Bq/liter) – коэффициент дозы трития, C_t – рассчитанная среднегодовая объемная активность трития в атмосферном воздухе в результате выбросов АЭС на исследуемой площадке (Bq/m^3); На - абсолютная влажность воздуха (liter /m^3).

Рис. 2. Многофункциональный Дозиметр МКС-АТ1117М с полным набором всех измерительных преобразователей

Результаты исследований

Предложенная методика позволила провести в течение нескольких лет исследования воздействия трития на население в Ленинградской области (Российская Федерация), которое проживает в районах на расстоянии до 50 км от Ленинградской АЭС. Доза облучения населения была определена для критической точки района в гипотетической точке максимальной годовой дозы, чтобы показать возможность корректировки метода расчета дозы, используемого для установления максимально допустимых выбросов.

В таблице 1 представлен перечень исследуемых продуктов питания, произведенных в зоне АЭС, и показан процент от общего потребления населением. Показатели взяты за пять лет, с целью в дальнейших исследованиях наглядно продемонстрировать долю влияния дозы облучения от продуктов на общую годовую дозу облучения.

Таблица 1. **Процент потребления населением продукции сельского хозяйства, произведенного в 60-километровой зоне АЭС, от общего потребления за 5 лет**

Продукт	Год				
	2019	2020	2021	2022	2023
Молоко	64.2	65.9	64.8	63.9	63.8
Мясо	80.2	79.5	80.3	80.9	81.4
Картошка	71.4	69.7	72.3	70.5	74.6
Овощи	34.7	34.8	34.9	35.1	35.3
Фрукты	23.6	23.7	23.8	23.7	23.6

Как видно из таблицы 1, процент потребления товаров питания, произведенных в зоне АЭС высока. Концентрация трития в этой продукции в десятки раз превышает концентрацию трития в продуктах, которые привезены из других регионов. Это показывает, что необходим

более жесткий контроль дозы облучения земельных участков, полей, а также водных объектов изотопом водорода, чтобы не допускать употребление таких товаров питания человеком.

Измеренная объемная активность трития в выбросах Ленинградской атомной станции за три года (с 2019 по 2023 года) показана в таблице 2. Оценка общегодового выброса с АЭС получена по данным о годовом уровне выбросов и измеренной объемной активности для каждого источника АЭС.

Таблица 2. **Объемная активность трития в выбросах за пять лет**

Год	Объемная активность без рассеивания, Bq/m^3		Годовые выбросы, 10^{12} Bq	Объемная активность в воздухе, 10^{-2} Bq/m^3
	Минимальная	Максимальная		
2019	940	1120	10.7	6.3
2020	944	1128	10.8	6.5
2021	948	1132	10.9	6.7
2022	954	1140	11.1	6.9
2023	961	1150	11.3	7.1

Годовая доза облучения населения от выбросов трития с Ленинградской АЭС была рассчитана с использованием уравнения (1), предполагающего, что удельная активность трития в пищевой воде и атмосферной влаге в среднем за год одинакова. Полученные данные представлены в таблице 3.

Таблица 3. **Годовая доза облучения от выбросов трития в 10^{-7} Зв**

Год	Вдыхание и впитывание кожей	Продукты	Проникновение через воду	Итоговая доза
2019	0.15	0.76	0.12	1.03
2020	0.17	0.77	0.13	1.07
2021	0.18	0.79	0.14	1.11
2022	0.19	0.81	0.14	1.14
2023	0.20	0.84	0.15	1.19

Анализ полученных данных показывает высокую нагрузку на население выбросами трития в районе Ленинградской АЭС. При этом содержание трития и его влияние на население с каждым годом медленно увеличивается. В районах, находящихся вблизи объектов атомной энергетики, плотность загрязнения тритием значительно выше аналогичных показателей в других регионах. Это приводит к увеличению годовой дозы облучения населения, что впоследствии может привести к увеличению числа заболеваний.

Заключение

Анализ полученных результатов показал целесообразность применения разработанной нами новой методики контроля выбросов трития в атмосферу и оценки их воздействия на биологические объекты. Особое внимание в нашей работе мы уделили исследованию влияния трития на продукцию сельского хозяйства в зоне Ленинградской АЭС. Концентрация трития в этой продукции в десятки раз превышает концентрацию трития в продуктах, привезенных из других регионов. Это может в будущем негативно сказываться на физическом и психологическом здоровье потребителей. Наиболее рациональным способом снижения годовой дозы облучения населения тритием является вынос сельскохозяйственных угодий и производств на большее расстояние от АЭС, в том числе охотничьих территорий. Целесообразно в зависимости от направления и мощности ветров осуществить посадку лесных насаждений. Хвойные породы деревьев перерабатывают тритий за 5–6 лет с момента его поступления. Кроме того, скорость роста хвойных пород деревьев при повышенной дозе облучения тритием увеличивается без изменения древесной структуры.

Необходимо отметить, несмотря на увеличения накопленной дозы трития в биологических объектах, доза облучения далека от критической. Однако медленное накопление и других радионуклидов вызывает опасения, поэтому для предупреждения критической ситуации с облучением необходимо заранее принимать меры по снижению дозы облучения от различных источников выбросов. Добиться этого поможет эффективный контроль и правильная оценка того, в какой степени то или иное мероприятие по пресечению увеличения выбросов наиболее действенно.

Список использованных источников

1. Rukin E.V., Davydov V.V., Dudkin V.I. Rud V.Y. Modeling of non-stationary processes in the study of liquid media by the method of nuclear magnetic resonance in a weak field // Journal of Physics: Conference Series. – 2019. – №. 1368. – P. 042011.
2. Yushkova V.V., Rud V.Y., Switala F. Problems and main directions of innovative development of small and medium-sized businesses in agriculture of Russia // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2020. – №. 940. – P. 012045.
3. Cheremisin A.V., Gureeva I.M., Briushinin A.A., Savin D.D., Mozhayko A.A. Development of an ecological lighting device to reduce the growth time of agricultural plants in greenhouses // Journal of Physics: Conference Series. – 2021. – №. 1942. – P. 012094.
4. Myazin N., Neronov Y., Dudkin V., Yushkova V. Environmental express monitoring of territory and water bodies at various stages of construction and improvement // MATEC Web of Conference. – 2018. – №. 245. – P. 11013.
5. Myazin N., Yushkova V., Rud' V. A new method of determining the state of water and agricultural areas in real time // Environmental Research, Engineering and Management. – 2019. – №. 75. – Pp. 28–35.
6. Davydov V.V. Compact Multifunction Nuclear-Magnetic Spectrometer // Measurement Techniques. – 2017. – №. 60. – Pp. 183–189.
7. Nesterov O., Addad Y., Bilal S., Shehhi M.R.A., Temimi M. A numerical assessment of the dispersion of dissolved pollutants in the Arabian Gulf associated with the Barakah nuclear power plant // Ocean Modelling. – 2023. – №. 186. – P. 102274.
8. Zhang W., Paatero J., Leppänen A.-P., Kubicki M., Anderson A. Evaluation of 137Cs, 133Xe and 3H activity concentrations monitored in the Arctic atmosphere // Journal of Environmental Radioactivity. – 2022. – P. 107013.
9. Renard H., Connan O., Le Dizes S., Laguionie P.D.M. Experimental measurements of the bacterial oxidation of HT in soils: Impact over a zone influenced by an industrial release of tritium in HT form // Journal of Environmental Radioactivity. – 2022. – №. 242. – P. 106779.
10. Kryshev A.I., Vasyanovich M.E., Ekidin A.A., Filatov Y.N., Murashova E.L. Tritium Entry Into the Atmosphere with Emissions from NPP-VVER and Population Irradiation Dose Assessment // Atomic Energy. – 2020. – 128. – Pp. 362–367.
11. Vasyanovich M.E., Ekidin A.A., Vasilyev A.V., Kosykh I.V., Kapustin I.A. Determination of radionuclide composition of the Russian NPPs atmospheric releases and dose assessment to population // Journal of Environmental Radioactivity. – 2019. – №. 208–209. – P. 106006.
12. Connan O., Bailly du Bois P., Solier L., Hebert D., Voiseux C. Flux of tritium from the sea to the atmosphere around a nuclear reprocessing plant: Experimental measurements and modelling for the Western English channe // Journal of Environmental Radioactivity. – 2023. – №. 257. – P. 107068.
13. Antonova E.V., Antonov K.L., Vasyanovich M.E., Panchenko S.V. Tritium from the Molecule to the Biosphere. 1. Patterns of Its Behavior in the Environment // Russian Journal of Ecology. – 2022. – №. 53. – Pp. 253–284.
14. Nie B., Yang J., Yuan Y., Li F. Additional radiation dose due to atmospheric dispersion of tritium evaporated from a hypothetical reservoir // Applied Radiation and Isotopes. – 2021. – №. 167. – P. 109475.
15. Eyrolle F., Copard Y., Lepage H., Booth S., Desmet M. Evidence for tritium persistence as organically bound forms in river sediments since the past nuclear weapon tests // Scientific Reports. – 2019. – №. 9. – P. 11487.
16. Nikolov J., Bronić I.K., Todorović N., Barešić J., Petrović-Pantić T. Tritium in water: Hydrology and health implications // Tritium: Advances in Research and Applications. – 2018. – №. 47. – Pp. 157–211.

УДК 691.175.5/.8; 631.53.027

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ САМОВОССТАНАВЛИВАЮЩИХСЯ ГИДРОГЕЛЕЙ В МЕДИЦИНЕ

Фатеев А.Д. (студент, Университет ИТМО), **Козырева Е.С.** (студент, Университет ИТМО)
Научный руководитель: к.х.н., доцент Ситникова В.Е. (Университет ИТМО)
e-mail: kozyrevaz2003@gmail.com

В статье рассматривается применение самовосстанавливающихся гидрогелей. Особое внимание уделено их уникальной способности восстанавливать свою структуру после повреждений, что открывает новые возможности для разработки долговечных биоматериалов. Потенциал этих материалов обсуждается в контексте их применения в регенеративной медицине, доставке лекарств и тканевой инженерии.

Ключевые слова: *гидрогель, самовосстановление, медицина, тканевая инженерия, биоматериалы*.

Гидрогели – это мягкие материалы, состоящие из трёхмерных полимерных сетей, которые способны поглощать и удерживать большое количество воды, подобно внеклеточному матриксу организма. Благодаря своей способности набухать, не растворяясь, гидрогели уже давно находят широкое применение в медицине, включая восстановление тканей и доставку лекарств. Однако при имплантации в организм эти материалы могут страдать от небольших дефектов из-за воздействия сложной и динамической физиологической среды. Такие дефекты в традиционных гидрогелях, которые не могут самопроизвольно восстанавливаться после повреждения, имеют тенденцию расширяться в более крупные трещины, что в конечном итоге приводит к разрушению материала. Поэтому для повышения долговечности имплантируемых гидрогелей необходимо разрабатывать варианты, которые способны к самовосстановлению.

Самовосстанавливающиеся материалы могут автоматически заживлять и восстанавливать повреждения. Гидрогели с этими свойствами достигают самовосстановления через внешние стимулы (такие как свет, тепло, pH) или посредством взаимодействия ковалентных и нековалентных связей функциональных групп, реагирующих на повреждения. Это решает главный недостаток традиционных гидрогелей, значительно расширяя их функциональность и применимость в биомедицинских сферах.

Исследования в области самовосстанавливающихся гидрогелей постоянно развиваются. Механизмы их самовосстановления и области применения могут значительно различаться в зависимости от подходов различных исследователей. В данном статье рассматриваются результаты последних исследований по теме механизмов самовосстановления, применения самовосстанавливающихся гидрогелей в тканевой инженерии и медицине, а также способов изучения процессов восстановления.

Механизмы восстановления гидрогелей

Механизмы самовосстановления гидрогелей основаны на обратимости их сшивающих структур, включая динамические ковалентные связи (такие как связи основания Шиффа, боратного эфира, реакции Дильса-Альдера и дисульфидные связи) и нековалентные взаимодействия (водородные связи, ионные взаимодействия, взаимодействия типа хозяин-гость и гидрофобные взаимодействия). Стабильность, самовосстанавливающая способность и механические свойства гидрогелей зависят от количества и прочности этих химических связей. Для разработки высокоэффективных самовосстанавливающихся гидрогелей важно понимать возможные механизмы их самовосстановления.

Основание Шиффа

Основания Шиффа, открытые немецким химиком Хуго Шиффом в 1864 году, представляют собой соединения, образованные посредством сильной ковалентной иминной связи. Эти соединения включают имины, оксимы и гидразоны, образующиеся при атаке аминного азота на карбонильный атом альдегида. Гидролиз может обратить данную реакцию, формируя динамическое равновесие, особенно в физиологических условиях, что делает основания Шиффа популярными в создании самовосстанавливающихся гидрогелей.

Ацилгидразонная связь, похожая на иминную, формируется гидразином и альдегидом и также способна к образованию в физиологических условиях. Современные исследования интегрируют полиамиды, например, хитозан с альдегидными полимерами для получения материалов, обладающих самовосстанавливающимися и антибактериальными свойствами [1, 2].

Боратно-эфирная связь

Борная кислота может принимать пары электронов и образовывать комплексы с гидроксидом или электронодонорными группами с атомами кислорода или азота. В водном растворе она существует в нейтральном состоянии или связана с гидроксид-ионом, причем ее sp2 и sp3 гибридные орбитали принимают тригонально-плоскостную и тетрагональную геометрию. В результате борная кислота может образовывать боратно-эфирные связи с 1,2-диолами или 1,3-диолами в водном растворе или органическом растворителе. На динамическое равновесие образующихся или разрывающихся боратных эфиров влияют pH, температура, водная среда и биомолекулы. Поэтому борная кислота используется в сенсорах для селективного определения биомолекул, таких как глюкоза, в системах доставки лекарств и самовосстанавливающихся материалах.

Также фенилборная кислота и цис-диол-модифицированный полиэтиленгликоль образуют pH-чувствительные гидрогели благодаря боратным эфирным связям. Гели, в которых присутствуют данные связи, демонстрируют контролируемое высвобождение инкапсулированных белков [3].

Дисульфидная связь

Дисульфидные связи (R-S-S-R) играют главную роль в сворачивании цистеиновых остатков в белок, поэтому они широко распространены в природе. Результатом взаимодействий между тиолами и дисульфидами являются реакции тиол-дисульфидного обмена. Тиолы могут окисляться в дисульфиды, а дисульфиды восстанавливаться обратно в тиолы, что делает процесс образования дисульфидных связей динамичным и обратимым в физиологических условиях. Энергия гомолитической диссоциации дисульфидов обычно низка (50–65 ккал/моль). Химическая природа групп, окружающих дисульфидные связи, обуславливает их реакцию на различные стимулы, такие как свет, тепло, механическая сила, изменение pH или окислительно-восстановительного состояния. В результате дисульфидные связи могут изменять свойства материалов при мягких условиях реакций или внешних воздействий. Благодаря лёгкости превращения тиолов в дисульфиды и обратно, полимеры с дисульфидными связями обладают способностью к динамическому самовосстановлению. Гидрогели, сшитые такими связями, демонстрируют свойства самовосстановления, а также быстрое образование геля [4, 5].

Водородная связь

Водородные связи играют ключевую роль в растворимости веществ в воде, стабильности двойной спирали ДНК, а также во вторичной и третичной структурах белков и свойствах твердых полимеров. Водородная связь формируется благодаря притяжению между атомом водорода в полярной связи X-H и электронами одиночной пары атома с высокой электроотрицательностью и небольшим атомным радиусом (например, F, N, O). Водородные связи между молекулами легко образуются и показывают различные свойства при изменении температуры и pH, при этом их изменение обратимо. Когда гидрогель разрушается под внешним воздействием, молекулярные цепочки полимера благодаря водородным связям становятся текучими, что способствует его самовосстановлению. Сила водородных связей может варьироваться, но обычно остается слабой (0,25–15 ккал/моль). Тем не менее, наличие большого числа водородных связей в гидрогелях значительно влияет на их механические свойства, а быстрые процессы образования и диссоциации водородных связей позволяют гидрогелям быстро восстанавливаться [6].

Ионная связь

Обратимые электростатические взаимодействия между ионами с противоположными зарядами могут способствовать самовосстановлению гидрогеля. Эти взаимодействия могут возникать между ионами переходных металлов с пустыми орбиталями и группами,

обладающими одиночными парами электронов, а также между полимерами с противоположными зарядами. Обратимость ионных взаимодействий позволяет гидрогелям эффективно восстанавливать свою структуру после повреждения. Это связано с тем, что ионы могут легко перемещаться и перестраиваться, обеспечивая целостность материала. Также сила ионных взаимодействий, по сравнению с другими типами нековалентных связей, способствует устойчивости и прочности гидрогеля. Включение ионных взаимодействий часто приводит к усилению механических свойств гидрогелей [7, 8].

Взаимодействие «хозяин-гость»

Взаимодействия по принципу «хозяин-гость» обычно вовлекают два или более химических вещества, которые формируют молекулярные ансамбли путём связывания с помощью комплементарных нековалентных взаимодействий. Такой подход позволяет одной молекуле (гостю) физически интегрироваться в структуру другой молекулы (хозяина). Эти взаимодействия, поддерживаемые водородными и ионными связями, ван-дер-ваальсовыми и гидрофобными силами, делают процесс сшивания обратимым. Благодаря этому, гидрогели, в которых используются такие взаимодействия, демонстрируют способность к самовосстановлению. Реверсивность нековалентных связей позволяет системам восстанавливать свою структуру после деформации или повреждения, что является ключевым фактором в создании материалов с самовосстанавливающимися свойствами [9].

Гидрофобное взаимодействие

Гидрофобные взаимодействия играют значительную роль, подобно водородным связям, в процессе сворачивания белков, в свойствах твердых полимеров и в молекулярных взаимодействиях в различных растворителях. Эти взаимодействия возникают, когда гидрофобные группы сближаются, стремясь избежать контакта с водой. Хотя гидрофобные взаимодействия немного сильнее водородных связей, их можно точно настроить, изменяя форму гидрофобной области и количество групп. Такие взаимодействия проявляются при агрегации на гидрофобной поверхности или в гидрофобной среде. Водорастворимые полимерные цепи в водном растворе образуют динамические точки сшивания, агрегируя и связываясь друг с другом. Компактная гидрофобная структура легко собирается, а гидрофобная ассоциация быстро восстанавливается после нарушения. Обратимый распад этих взаимодействий обеспечивает способность к самовосстановлению [10, 11].

Применение самовосстанавливающихся гидрогелей

Самовосстанавливающийся гидрогель обладает хорошей самовосстановительной способностью, усталостной прочностью и возможностью многократного использования, а также гидрофильностью и чувствительностью к воздействию внешних раздражителей по сравнению с обычными гидрогелями. Благодаря углубленному изучению самозаживляющихся гидрогелей, области их применения значительно расширились, демонстрируя отличный потенциал развития в области перевязок и доставки лекарств, тканевой инженерии, бионической электронной кожи, носимого электронного оборудования и других областях.

Восстановление костей

Самовосстанавливающиеся гидрогели способны восстанавливать костные дефекты, вызванные заболеваниями, такими как опухоли костей и переломы. Эти биоматериалы, характеризующиеся контролируемыми механическими свойствами и биосовместимостью, активно применяются в инженерии костной ткани (ИТК) для переноса факторов роста и обеспечения адгезии клеток. Гидрогелевые скаффолды предоставляют клеткам трёхмерное пространство и влияют на их морфологию и функции.

Например, M. J. Sánchez-Fernández и коллеги разработали гидрогелевую сеть путем сшивания N-гидроксисукцинимид-поли(2-оксазолин) (Pox-NHS) и амин-поли(2-оксазолин)с/алендронат-поли(2-оксазолин) (Pox-Ale) через взаимодействие Ca^{2+}, что способствует восстановлению костной ткани и улучшает адгезивные свойства гидрогелей. Гидрогель Pox-Ale@POx-NHS показывает значительный потенциал для соединения костных тканей [12].

W. Huang и соавторы увеличили катехоловую группу хитозана, создав катехол-конъюгированный хитозан (CS-C), который вместе с нанокристаллом диальдегидцеллюлозы (DACNC) формирует гидрогель с адгезией и способностью к гемостазу и восстановлению дефектов благодаря мягкой реакции основания Шиффа [13].

L. Ma и коллеги допировали гидроксиапатит в окисленный гидрогель альгинат@карбоксиметилхитозан для улучшения восстановления костей [14], а Y. Li и соавторы использовали альдегид гиалуроновой кислоты (AHA)@полиэтиленимин (PEI)@акриловую кислоту (AA) для добавления нанобиоактивного стекла (BGN) с помощью сшивания основания Шиффа, что улучшило физические свойства и регенерацию костной ткани [15].

Восстановление хряща

Остеоартрит и спортивные травмы могут повреждать суставный хрящ, но его ограниченная способность к самовосстановлению приводит к потере ткани. Биомиметическая среда самовосстанавливающегося гидрогеля может способствовать миграции, пролиферации и ангиогенезу клеток, помогая в восстановлении хрящевой ткани. Гидрогель для суставного хряща должен обладать высокой механической прочностью и самовосстанавливающимися свойствами, соответствуя динамическим нагрузкам хряща.

Для этих целей S. Maiz-Fernández и соавторы использовали хитозан и гиалуроновую кислоту для создания гидрогелевой сети с возможностью загрузки лекарств (диклофенак и рифампицин) [16]. P. Baei и коллеги ввели катехол в сульфатированный альгинат, связывая с хитозаном, что улучшило адгезию, интеграцию и иммобилизацию биофакторов [17]. T. Zhou и коллеги применили поли(этиленгликоль)-b-политиокеталь-b-поли(этиленгликоль) мицеллы для медленного высвобождения дексаметазона и снижения окислительного стресса [18]. P. Wang и соавторы добавили микрокристаллическую целлюлозу к полиглутаминовой кислоте и альгинату натрия, что увеличило время деградации и снизило скорость расширения гидрогеля [19].

Восстановление кожи

Кожа – самый большой орган тела, регулирующий температуру, ощущающий раздражители и предотвращающий проникновение патогенов. Однако она уязвима к повреждениям, и её функция самовосстановления может оказаться недостаточной при глубоком ранении. После самовосстановления часто остаются шрамы и утрачиваются придатки кожи. Гидрогели, благодаря своим свойствам, могут использоваться как перевязочный материал для ран, с возможностью самовосстановления и длительной защиты.

Ye Wu и соавторы разработали самовосстанавливающийся гидрогель с антибактериальными и антиоксидантными свойствами, содержащий ε-полилизин (CE) и окисленный декстран (POD) на основе фенилборной кислоты. Частицы делетического натрия (DS) и мангиферина (MF) были встроены для контролируемого высвобождения, что соответствует процессу заживления ран [20].

В тканевой инженерии проводящие биоматериалы способствуют межклеточной сигнализации и ангиогенезу. HuanLei и коллеги добавили дубильную кислоту (TA) и человекоподобный коллаген (HLC) в гидрогель на основе поливинилового спирта (PVA) и буры, улучшив его свойства [21].

Восстановление сердца

Недостаток кровоснабжения ведёт к утрате кардиомиоцитов и замене их фиброзной тканью, что нарушает электрическую проводимость и приводит к дисфункциям и аритмии. Восстановление электрического импульса в этих тканях - критическая задача после инфаркта миокарда. Гидрогелевые сердечные пластыри могут предотвратить сердечную недостаточность и помочь в восстановлении. Самовосстанавливающиеся гидрогели продлевают время доставки и высвобождения лекарств по сравнению с традиционными гидрогелями.

Rui Chen разработал самовосстанавливающийся гидрогель на основе эластина (EMH), содержащий наночастицы полидопамина (PDA) с сальвианоловой кислотой B (SaB), который улучшает самовосстанавливающиеся свойства гидрогеля и обладает отличной биосовместимостью. Гидрогель демонстрирует высокую механическую прочность благодаря глутамин-трансферазе в сердечной ткани после инфаркта [22].

Восстановление поврежденного нерва

Повреждение нерва может привести к серьёзным последствиям, включая инвалидность и смерть. В регенеративной медицине цель лечения заключается в восстановлении нервов благодаря пересадке новых клеток и подавлению воспалений. Однако нейральные стволовые клетки без поддержки плохо выживают после пересадки. Гидрогели, с их регулируемыми свойствами, могут заполнять патологические полости и обеспечивать оптимальные условия для роста клеток. Самовосстанавливающиеся гидрогели поддерживают структуру при регенерации и устойчивы к повреждениям.

Lou J и коллеги разработали инъекционные самовосстанавливающиеся гибридные гидрогели с использованием хитозана, привитого Fmoc (FC), и пептида Fmoc (FI). В то же время куркумин, встроенный и физически адсорбированный, может также медленно высвобождаться в системе FC/FI, благодаря чему гидрогель FC/FI-cur ускоряет рост нейритов нейронов дорсального корневого ганглия (DRG) [23].

Доставка лекарств

Wang и коллеги создали самовосстанавливающийся гидрогель для локального высвобождения siRNA на основе взаимодействия β-циклодекстрин-модифицированного PEI и адамантан-модифицированного PEG, что улучшило трансфекцию и выживаемость клеток [24]. Для комбинированной терапии Xing и коллеги разработали инъекционный гидрогель из коллагена и наночастиц золота, демонстрирующий повышенную противоопухолевую эффективность [25].

Способы изучения самовосстановления

FTIR-ATR и рамановская спектроскопия

FTIR-ATR и рамановская спектроскопия являются эффективными инструментами для изучения механизмов самовосстановления материалов, поскольку они позволяют выявить изменения в молекулярных взаимодействиях и химических связях. Эти методы особенно полезны для анализа водородных связей, которые играют значительную роль в процессах восстановления.

В исследовании, проведенном Phadke и коллегами, была проанализирована роль водородных связей в восстановленных гидрогелях на основе акрилоил-6-аминокапроновой кислоты (A6ACA) с помощью FTIR-ATR и рамановской спектроскопии. Они обнаружили, что терминальные карбоновые группы, участвующие в водородных связях, проявляются в виде рамановской полосы при 1 714 $см^{-1}$ и инфракрасной полосы при 1 704 $см^{-1}$ в восстановленных гидрогелях. Спектроскопические данные указали на два типа водородных связок на интерфейсе. Первый тип — прямое взаимодействие карбоксильных групп с амидными группами боковых цепей в чередующейся конфигурации, что подтверждается ИК-полосой при 1 627 $см^{-1}$ и слабой рамановской полосой при 1 624 $см^{-1}$. Второй тип предполагает взаимодействие карбоксильных групп в лицевой конфигурации [26].

УФ спектроскопия

УФ-видимая спектроскопия (UV-vis) может существенно помочь в изучении самовосстановления гидрогелей благодаря своей способности мониторить электронные переходы между основным и возбужденным состояниями молекул. Этот метод обладает широким температурным диапазоном, позволяя быстро выявлять электронные переходы, характерные для различных функциональных групп, при использовании подходящего растворителя. В случаях самовосстанавливающихся гидрогелей важно учитывать поглощательные характеристики функциональных групп, связанные с событиями образования и разрыва связей, без вмешательства других молекулярных электронных переходов, например, ароматических $\pi \rightarrow \pi^*$ или σ-связей, которые происходят при переходах выше 320 нм. UV-vis спектроскопия может быть использована для изучения in situ кинетики различных стадий реакций самовосстановления. Помимо этого, супрамолекулярные самовосстанавливающиеся гидрогели могут быть охарактеризованы с помощью UV-vis спектроскопии, что позволяет отслеживать изменения гидрофобности окружающей среды группы и выявлять нековалентные взаимодействия [27].

Тест на слияние гелевых блоков

Тест на слияние гелевых блоков является полезным методом для изучения процессов самовосстановления гидрогелей. В этом тесте исследуемый образец гидрогеля разрезается на части, которые затем соединяются заново, что позволяет наблюдать за процессом восстановления визуально. Количество частей, которые можно склеить, варьируется, и это дает возможность оценивать, как различные условия влияют на самовосстановление. Важно отметить, что время для начала процесса слияния и соблюдение определенной влажности окружающей среды играют ключевую роль, так как они способствуют улучшению взаимодействия между гидрофобными группами. Однако выводы, полученные с помощью данного теста, часто являются качественными, что ограничивает детальное понимание механики процесса. Тем не менее, тест на слияние гелевых блоков позволяет эффективно оценивать восстановительные свойства гидрогелей и их поведение под различными условиями внешней среды [27].

Заключение

В заключение самовосстанавливающиеся гидрогели представляют собой многообещающую область исследований благодаря своим уникальным способностям к восстановлению структуры после повреждений. Изучение механизмов их самовосстановления способствует более глубокому пониманию молекулярных взаимодействий, таких как физические и химические связи, играющие ключевую роль в этом процессе. Эти биоматериалы нашли широкое применение в медицине, где они могут использоваться для заживления тканей и доставки лекарств. Подходы к изучению самовосстановления, в том числе тесты на слияние гелевых блоков и другие методы, помогают оценивать и усовершенствовать характеристики гидрогелей. Будущие исследования должны быть направлены на оптимизацию этих материалов для повышения их эффективности и устойчивости, что откроет новые перспективы для их применения в различных областях науки и техники.

Список использованных источников

1. Xu C. et al. Self-healing chitosan/vanillin hydrogels based on Schiff-base bond/hydrogen bond hybrid linkages // Polymer testing. – 2018. – Т. 66. – Pp. 155–163.
2. Taylor D. L., in het Panhuis M. Self-healing hydrogels // Advanced Materials. – 2016. – Т. 28. – №. 41. – Pp. 9060–9093.
3. Li Y. et al. Self-healing hydrogel with a double dynamic network comprising imine and borate ester linkages // Chemistry of Materials. – 2019. – Т. 31. – №. 15. – Pp. 5576–5583.
4. Wu Z. M. et al. Disulfide-crosslinked chitosan hydrogel for cell viability and controlled protein release // European Journal of Pharmaceutical Sciences. – 2009. – Т. 37. – №. 3-4. – Pp. 198–206.
5. Patenaude M., Smeets N. M. B., Hoare T. Designing injectable, covalently cross-linked hydrogels for biomedical applications // Macromolecular rapid communications. – 2014. – Т. 35. – №. 6. – Pp. 598–617.
6. Yanagisawa Y. et al. Mechanically robust, readily repairable polymers via tailored noncovalent cross-linking // Science. – 2018. – Т. 359. – №. 6371. – Pp. 72–76.
7. Darabi M. A. et al. Skin-inspired multifunctional autonomic-intrinsic conductive self-healing hydrogels with pressure sensitivity, stretchability, and 3D printability // Advanced Materials. – 2017. – Т. 29. – №. 31. – P. 1700533.
8. Sun S. et al. Hydrogels from amorphous calcium carbonate and polyacrylic acid: bio-inspired materials for “mineral plastics” // Angewandte Chemie International Edition. – 2016. – Т. 55. – №. 39. – Pp. 11765–11769.
9. Jin J. et al. Progress in self-healing hydrogels assembled by host–guest interactions: preparation and biomedical applications // Journal of Materials Chemistry B. – 2019. – Т. 7. – №. 10. – Pp. 1637–1651.
10. Tuncaboylu D. C. et al. Tough and self-healing hydrogels formed via hydrophobic interactions // Macromolecules. – 2011. – Т. 44. – №. 12. – Pp. 4997–5005.
11. Okay O. Self-healing hydrogels formed via hydrophobic interactions // Supramolecular Polymer Networks and Gels. – 2015. – Pp. 101–142.
12. Sánchez-Fernández M. J. et al. Bone-Adhesive Hydrogels Based on Dual Crosslinked Poly (2-oxazoline) s // Macromolecular Bioscience. – 2021. – Т. 21. – №. 12. – P. 2100257.
13. Huang W. et al. Noncompressible hemostasis and bone regeneration induced by an absorbable bioadhesive self-healing hydrogel // Advanced Functional Materials. – 2021. – Т. 31. – №. 22. – P. 2009189.

14. Ma L. et al. Synthesis and characterization of injectable self-healing hydrogels based on oxidized alginate-hybrid-hydroxyapatite nanoparticles and carboxymethyl chitosan // International journal of biological macromolecules. – 2020. – T. 165. – Pp. 1164–1174.
15. Li Y. et al. Elastomeric self-healing antibacterial bioactive nanocomposites scaffolds for treating skull defect // Applied Materials Today. – 2022. – T. 26. – P. 101254.
16. Maiz-Fernández S. et al. 3D printable self-healing hyaluronic acid/chitosan polycomplex hydrogels with drug release capability // International Journal of Biological Macromolecules. – 2021. – T. 188. – Pp. 820–832.
17. Baei P., Daemi H., Mostafaei F., Sayahpour F.A., Baharvand H., Eslaminejad M.B. (). A tough polysaccharide-based cell-laden double-network hydrogel promotes articular cartilage tissue regeneration in rabbits // Chemical Engineering Journal, 2021. – №. 418, P. 129277.
18. Zhou T. et al. An injectable hydrogel dotted with dexamethasone acetate-encapsulated reactive oxygen species-scavenging micelles for combinatorial therapy of osteoarthritis // Materials Today Nano. – 2022. – T. 17. – P. 100164.
19. Wang P. et al. Dynamic regulable sodium alginate/poly (γ-glutamic acid) hybrid hydrogels promoted chondrogenic differentiation of stem cells // Carbohydrate Polymers. – 2022. – T. 275. – Pp. 118692.
20. Wu Y. et al. A spatiotemporal release platform based on pH/ROS stimuli-responsive hydrogel in wound repairing // Journal of Controlled Release. – 2022. – T. 341. – Pp. 147–165.
21. Lei H., Fan D. Conductive, adaptive, multifunctional hydrogel combined with electrical stimulation for deep wound repair // Chemical Engineering Journal. – 2021. – T. 421. – Pp. 129578.
22. Chen R. et al. An injectable peptide hydrogel with excellent self-healing ability to continuously release salvianolic acid B for myocardial infarction // Biomaterials. – 2021. – T. 274. – Pp. 120855.
23. Luo J. et al. An injectable and self-healing hydrogel with controlled release of curcumin to repair spinal cord injury // Bioactive materials. – 2021. – T. 6. – №. 12. – Pp. 4816–4829.
24. Wang L.L. et al. Three-dimensional extrusion bioprinting of single-and double-network hydrogels containing dynamic covalent crosslinks // Journal of Biomedical Materials Research Part A. – 2018. – T. 106. – №. 4. – Pp. 865–875.
25. Xing R. et al. An Injectable Self-Assembling Collagen-Gold Hybrid Hydrogel for Combinatorial Antitumor Photothermal/Photodynamic Therapy // Advanced Materials (Deerfield Beach, Fla.). – 2016. – T. 28. – №. 19. – Pp. 3669–3676.
26. Phadke A. et al. Rapid self-healing hydrogels // Proceedings of the National Academy of Sciences. – 2012. – T. 109. – №. 12. – Pp. 4383–4388.
27. Karvinen J., Kellomäki M. Characterization of self-healing hydrogels for biomedical applications // European Polymer Journal. – 2022. – T. 181. – P. 111641.

УДК 616.1

НОВАЯ МЕТОДИКА ОБРАБОТКИ ПУЛЬСОВОЙ ВОЛНЫ ДЛЯ ОТСЛЕЖИВАНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ В СОСТОЯНИИ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ ЧЕЛОВЕКА

Мсукар С. (аспирант, СПбПУ Петра Великого)
Научный руководитель: к.ф.-м.н. Давыдов Р.В. (СПбПУ Петра Великого)
e-mail: souhair.msokar@gmail.com

Одной из важнейших задачей по сохранению здоровья человека является своевременная диагностика и выявление заболеваний. Особенно это актуально для заболеваний сердечно-сосудистой системы. В статье рассматриваются возможности использования сигнала пульсовой волны для оценки изменений в её состоянии. Сигналы были обработаны новой методикой, в которой разработанные математические функции используются для извлечения новых параметров из них. Проведено исследование на датасетах, содержащих информацию о здоровых и больных пациентах, и выявлены параметры, которые дают дополнительную информацию о негативных изменениях в состоянии здоровья у человека.

Ключевые слова: *пульсоксиметр, сердечно-сосудистая система, датчик, сигнал пульсовой волны, обработка сигналов.*

В оценке и сохранении здоровья человека важная роль отводится своевременной диагностике заболеваний. Выполнение ее регулярно и в экспресс режиме доступно для широкого круга категорий населения. Для сердечно-сосудистой системы таким способом является пульсоксиметрия, измерения у которой неинвазивны, не продолжительны по времени и могут проводиться пациентами самостоятельно неограниченное число раз. Анализ пульсовой волны может помочь выявить заболевания и отследить негативные изменения в здоровье человека [1]. Существует множество методов анализа и обработки пульсовой волны, наиболее известными из которых являются: сингулярное разложение [2], анализ рядов Фурье [3], независимый компонентный анализ, вейвлет-преобразование, адаптивное шумоподавление. Каждый из этих методов имеет свои преимущества и недостатки. Некоторые методы имеют большую вычислительную сложность для использования в реальном времени. В [4] независимый компонентный анализ основан на предположении статистической независимости между артефактами движения и артериальной пульсацией, что оказалось не так [5]. Адаптивная фильтрация хорошо работает, не ухудшая сигнал пульсовой волны, но выбор порядка фильтра и коэффициента сходимости становится сложным [6]. В случае реализации метода адаптивного шумоподавления требуется дополнительное оборудование, такое как акселерометр. В [7] был предложен подход с использованием вейвлет-преобразования для уменьшения артефактов движения. Недостаток этого метода заключается в выборе порогового значения, поскольку реконструированный сигнал зависит от значения порога, которое варьируется от субъекта к субъекту и не является постоянным значением. Если выбрано неправильное значение порога, результаты могут быть очень плохими. Поэтому необходимо было разработать новый метод обработки пульсовой волны.

Материалы и методы

При использовании пульсоксиметра сигналы пульсовой волны регистрируются с помощью лазерного излучения на двух длинах волн (660 и 940 нм). На рисунке 1 представлена схема регистрации сигнала при размещении датчика пульсоксиметра на пальце. Такая схема часто используются как при отслеживании состояния здоровья пациента в клинических условиях, так и при использовании пульсоксиметра на дому.

Она включает в себя диоды с длинами волн 660 нм (1) и 940 нм (2), приемник излучения (3), сам корпус датчика (4), палец, на котором регистрируется сигнал (6) и его ноготь (5), а также кровеносные сосуды в пальце (7). На рисунке 2 представлен пример зарегистрированного сигнала, у которого есть заметные локальные максимумы и минимумы. Их количество может отличаться у разных людей и меняться с возрастом (из-за ухудшения эластичности стенок сосудов).

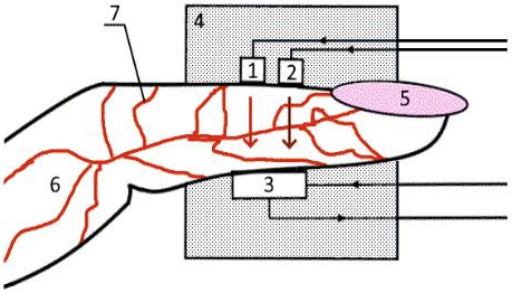


Рис. 1. Датчик пульсоксиметра, размещенный на пальце

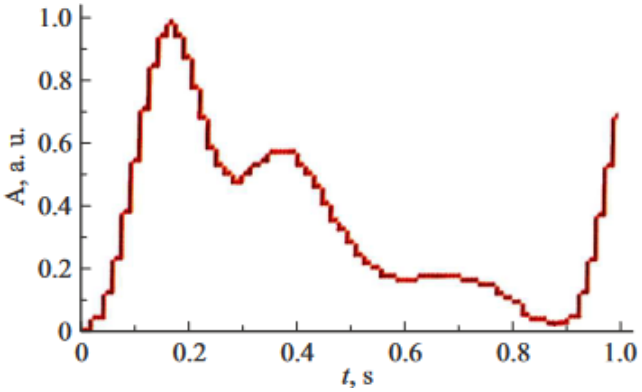


Рис. 2. Пример сигнала пульсовой волны, зарегистрированный с использованием датчика

Для обработки сигнала было предложено разделить его на основные части (участков роста и уменьшения амплитуды сигнала, а также окрестности его максимумов). Для каждого из участков предлагается использовать свою математическую функцию для обработки. На рисунке 3 представлены основные используемые далее обозначения. Сам сигнал рассматривается как ступенчатая функция, у которой есть как минимум один, но не более трех локальных максимумов.

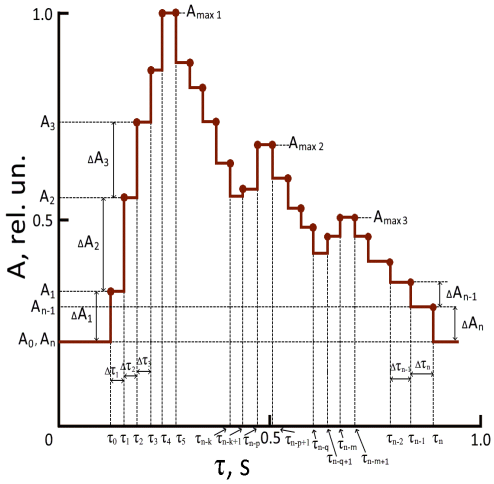


Рис. 3. Основные обозначения на участках пульсовой волны

Для описания окрестностей максимума сигнала применяется функция F:

$$F(t) = F\left(\sum_{i=m-p}^{m+p} \Delta\tau_i\right) = \left|\frac{A_n - A_{n-1}}{\Delta\tau_n}\right|, \quad (1)$$

здесь $\Delta\tau_i$ обозначает длительность по времени ступенчатой части сигнала, m – номер этой части, соответствующий локальному максимуму, p – вариативный целочисленный коэффициент (по умолчанию далее равный 2).

Для описания участков роста пульсовой волны вводится функция $\Phi_i(t)$.

$$\Phi_i(t) = \sum_{n=k_i}^{m_i}\left(A_n(t)\sum_{j=1}^{m_i-k_i+1}\left(\frac{\Delta\tau_{j+k_i-1}\cdot p}{\Delta T_{m_i}(m_i-1)}\right)^j\right), \quad (2)$$

где номер ступенчатой части сигнала m_i соответствует первому максимуму, $\Delta\tau_n$ – это длительность по времени ступенчатой части сигнала, A_n – соответствующая ей амплитуда сигнала, ΔT_{m_i} – длительность всего участка нарастания сигнала.

Уменьшение амплитуды сигнала связано с происходящими релаксационными процессами и идет экспоненциально. Поэтому для удобства использования была создана единая функция:

$$\Psi(t) = A_m\left(e^{\frac{-t\cdot p\cdot(n-m)}{\Delta\tau_k}}\frac{n-m}{p(A_{k-1}-A_k)}\right). \quad (3)$$

Предложенные функции позволяют после обработки сигнала более четко выявить негативное изменение состояния сердечно-сосудистой системы по сравнению с исходным сигналом. Это важно, так как развитие заболеваний может занимать продолжительное время и визуально слабо отражаться на самой форме сигнала. Пример результата обработки сигнала представлен на рисунке 4.

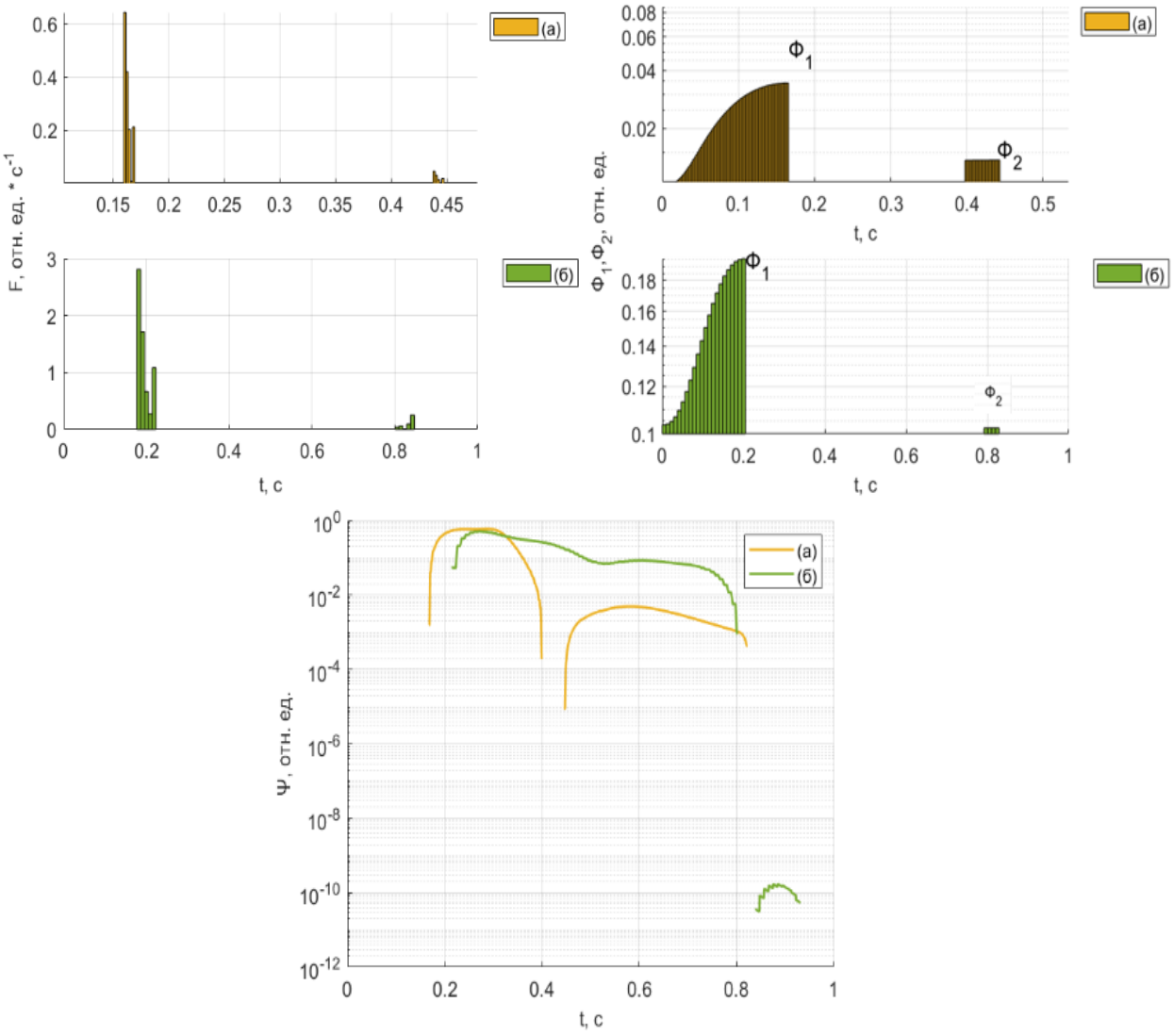


Рис. 4. Результаты обработки одного периода пульсовой волны: (а) здоровый пациент, (б) пациент с проблемами со здоровьем

Результаты

Предложенная методика была апробирована на датасетах для здоровых пациентов различного возраста [8] и больных пациентов [9]). Первый датасет содержит результаты математического моделирования гемодинамики с учетом здорового состояния сосудов, второй собран у реальных пациентов с различными проблемами со здоровьем. Использовав данные о части испытуемых в каждом датасете, была проведена обработка их сигналов

пульсовой волны по новой методике и выявлены существенные отличия ее результатов для здоровых и больных пациентов. Таблицы 1–3 содержат усредненные значения некоторых величин после обработки.

Таблица 1. **Значения параметров при применении функции обработки фронта нарастания первого пика сигналов ($Ф_1$)**

Функция $Ф_1$	**Датасет – здоровые пациенты**	**Датасет – больные пациенты**
Среднее значение амплитуд	0.013	0.05
Среднее значение площади	2.62e-05	4.69e-04

Таблица 2. **Значения параметров при применении функции обработки фронта нарастания второго пика сигналов ($Ф_2$)**

Функция $Ф_2$	**Датасет – здоровые пациенты**	**Датасет – больные пациенты**
Среднее значение площади	7.6e-06	2.86e-05

Таблица 3. **Значения параметров при применении функции обработки фронтов спада сигналов (Ψ)**

Функция Ψ	**Датасет – здоровые пациенты**	**Датасет – больные пациенты**
Максимум первой части функции	0.59	0.52
Максимум второй части функции	4.97e-03	1.7e-10
Разница между двумя максимумами	0.595	0.519

Выявленные различающиеся параметры были детально исследованы на большей выборке из датасетов (4000 человек в каждом). Полученные результаты представлены в таблице 4.

Таблица 4. **Статистическое исследование значений определенных параметров с использованием двух наборов данных здоровых и больных пациентов (4000 пациентов на набор данных)**

Датасет – здоровые пациенты ($\mu \pm \sigma$)		**Датасет – больные пациенты ($\mu \pm \sigma$)**
Среднее значение амплитуд ($Ф_1$)		
0.014±1.3e-03	<	0.053±0.016
Среднее значение площади амплитуд ($Ф_2$)		
2.8e-05±2.5e-06	<	4.9e-04±2.4e-04
Среднее значение площади амплитуд ($Ф_3$)		
7.4e-06±4.4e-06	<	1e-04±9.4e-05
Разница между двумя максимумами (Ψ)		
0.72±0.14	>	0.53±0.2
Максимум первой части функции (Ψ)		
0.73±0.15	>	0.51±0.2
Максимум второй части функции (Ψ)		
0.014±0.05	>	7.5e-03±0.039

Анализ результатов, полученных от 8000 пациентов, показал, что существуют различия между значениями параметров для здоровых и больных пациентов. Значения параметров функций ($Ф_1, Ф_2$) больше в случае больных пациентов в отличие от значений параметров функции Ψ, которые не очень хороши, поскольку отклонение от среднего значения очень велико. Интересным здесь также является получение более детальной связи изменения параметров с конкретными заболеваниями, однако это не пока получилось сделать в рамках используемых датасетов и является направлением дальнейших исследований.

Таким образом, результаты, полученные с помощью новой методики обработки пульсовых волн, дают дополнительную информацию, которая помогает врачам неинвазивно оценить состояние здоровья пациента. Было получено несколько параметров, которые полезны для отслеживания негативных изменений сердечно-сосудистой системы. В будущем это может способствовать созданию эффективного метода экспресс-диагностики на базе машинного обучения и нейронных сетей.

Список использованных источников

1. Nascimento L.M.S.D., Bonfati L.V., Freitas M.L.B., Junior J.J.A., Siqueira H.V,. Stevan S.L. Sensors and Systems for Physical Rehabilitation and Health Monitoring-A Review // Sensors. – 2020. – Vol. 20. – №. 15. – P. 4063. DOI: 10.3390/s20154063.
2. Ashoka K., Boby G., Kumar V. Use of fourier series analysis for motion artifact reduction and data compression of photoplethysmographic signals // IEEE trans. On instrumentation and measurement. – 2009. – Vol. 58. – №. 5. – Pp. 1706–1711. DOI: 10.1109/TIM.2008.2009136.
3. Naraharisetti K.V.P., Bawa M. Comparison of Different Signal Processing Methods for Reducing Artifacts from Photoplethysmograph Signal // IEEE International Conference On Electro/Information Technology. – 2011. – Pp. 1–8. DOI: 10.1109/EIT.2011.5978571.
4. Byung S.K., Sun K.Y. Motion artifact reduction in photoplethysmography using independent component analysis // IEEE Transactions on Biomedical Engineering. – 2006. – Vol. 53. – №. 3. – Pp. 566–568. DOI: 10.1109/TBME.2005.869784.
5. Yao J., Warren S. A short study to assess the potential of independent component analysis for motion artifact separation in wearable pulse oximeter signals // Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc. – 2005. – Pp. 3585–3588. DOI: 10.1109/IEMBS.2005.1617256.
6. Relente A.R., Sison L.G. Characterization and adaptive filtering of motion artifacts in pulse oximetry using accelerometers // Proc. of the second joint EMBS/BMES conference. – 2002. – Pp. 1769–1770. DOI: 10.1109/IEMBS.2002.1106644.
7. Lee C.M., Zhang Y.T. Reduction of motion artifacts from photoplethysmographic recordings using a wavelet denoising approach // IEEE EMBS Asian-Pacific Conference on Biomedical Engineering. – 2003. – Pp. 194–195. DOI: 10.1109/APBME.2003.1302650.
8. Charlton P.H., Mariscal Harana J., Vennin S.M.L., Li Y., Chowienczyk P.J., Alastruey-Arimon J. Modeling arterial pulse waves in healthy aging: a database for in silico evaluation of hemodynamics and pulse wave indexes. // American Journal of Physiology (Heart and Circulatory Physiology). – 2019. – Vol. 317. – №. 5. – Pp. 1062–1085. DOI: 10.1152/ajpheart.00218.2019.
9. Wang W., Mohseni P., Kilgore K.L., Najafizadeh L. PulseDB: A large, cleaned dataset based on MIMIC-III and VitalDB for benchmarking cuff-less blood pressure estimation methods. 2023. DOI: 10.3389/fdgth.2022.1090854.

УДК 617.58–77

ТРЕНДЫ В РАЗРАБОТКЕ БИОРЕЗОРБИРУЕМЫХ КАРКАСОВ

Талибуллина К.И. (студент, Университет ИТМО), **Пецух Г.Р.** (аспирант, Университет ИТМО)
Научный руководитель: к.х.н. Подшивалов А.В. (Университет ИТМО)
e-mail: talibullinak2004@mail.ru

В связи с увеличением доли пожилого населения в мире наблюдается потребность в биоинертных и биосовместимых имплантатах, которые способны заменить решения на основе металлов, вызывающих высокий иммунный ответ организма. В настоящей работе сделан акцент на разработке состава полимеров, определяющих характеристики будущих биорезорбируемых каркасов, а также на выбор оптимальных параметров и метода их получения.
Ключевые слова: *биорезорбция, выщелачивание, TIPS, BJT, пролиферация, костная инженерия.*

К 2030 году Всемирная организация здравоохранения предполагает увеличение доли людей преклонного возраста до 1,4 миллиарда человек [1]. Из приведённого прогноза следует, что в ближайшее время будет возрастать потребность в хирургических вариантах решения возрастных проблем, таких как износ суставов и снижение уровня кальция в опорно-двигательной системе. Существующие на данный момент имплантаты на основе металлов выделяются хорошими механическими характеристиками, однако в то же время вызывают у пациентов высокую цитотоксичность тканей. Биорезорбируемые полимеры, напротив, отличаются химической инертностью и совместимостью с человеческим организмом. В данном исследовании уделяется особое внимание разработке состава биорезорбируемых каркасов, отвечающих условиям пролиферации, а также анализу методик их получения.

Методы, основанные на обработке исходных полимеров растворителем, широко применяются при изготовлении медицинских изделий. Техники включают растворение полимера в подходящем органическом растворителе, смешивание его с наполнителем для формирования композита, и, наконец, испарение растворителя. Растворные методы популярны среди исследователей благодаря простоте и отсутствию необходимости в дорогостоящем оборудовании. Согласно публикации [2], была предложена система PCL-TIB, полученная соединением 2,3,5-трийодобензойной кислоты (TIB) с поликапролактоном (PCL), представленным на рисунке 1.

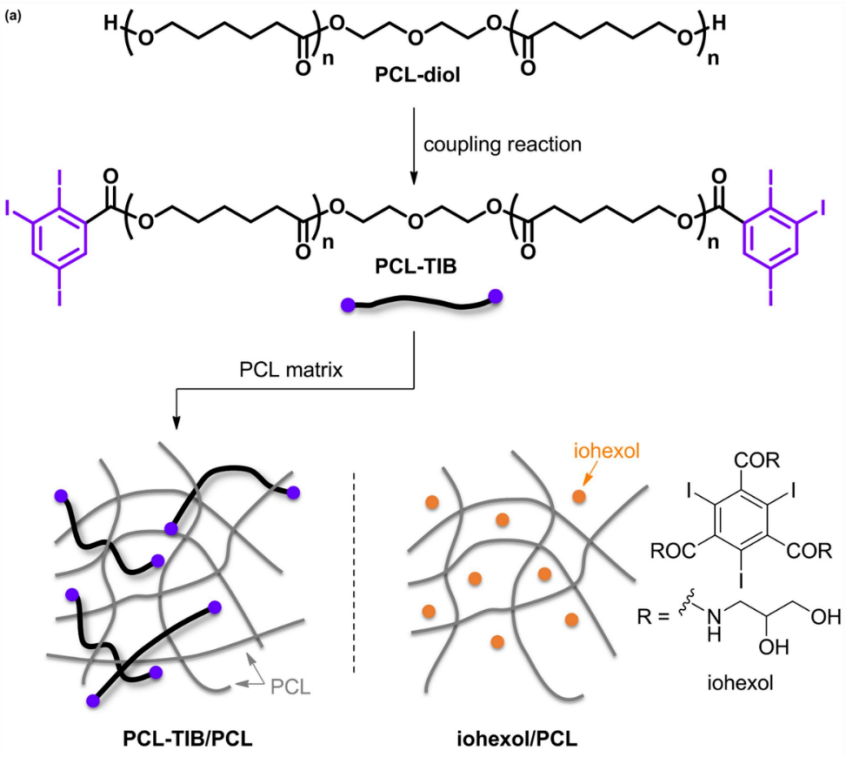


Рис. 1. Синтез системы PCL-TIB

Созданная полимерная матрица отличается повышенной прочностью с модулем упругости 42÷80 МПа, а также жизнеспособностью клеток HUVEC после 24 часов более 88%. Каркасы, имплантированные в грудную полость мышей, показали длительную видимость в рентгеновских лучах. Стенты с биоразлагаемым контрастным веществом сохраняли видимость до 20 дней, что подтверждает их пригодность для расширенного клинического мониторинга и применения в тканевой инженерии.

Термически индуцированное фазовое разделение (TIPS) или сублимационная сушка — ещё один способ, позволяющий синтезировать пористые биокаркасы. Метод основан на замораживании смеси растворителя/полимера/наполнителя, а затем понижении давления с целью сублимации растворителя. В отличие от других технологий производства композитов, включение частиц наполнителя (до 15 мас.%) в пористые каркасы, полученные с помощью TIPS, оказывает минимальное воздействие на механические характеристики каркаса. Статья [3] свидетельствует об изготовлении пористых поли(L-лактид-ко-гликолидных) (PLGA) матриц путём комбинирования термически индуцированного разделения фаз и выщелачивания порогена. Большие поры диаметром около 75–400 мкм в полученных матрицах, показанные на рисунке 2, были созданы частицами сахарозы, в то время как маленькие поры диаметром менее 20 мкм были образованы разделением фаз.

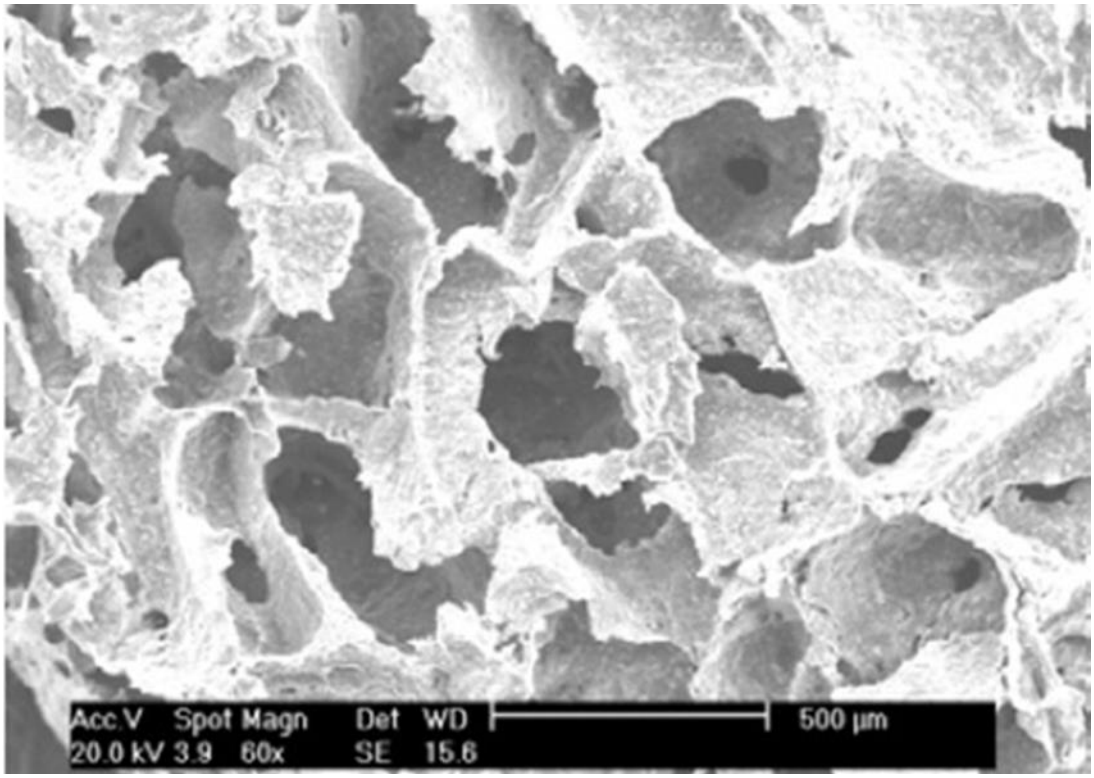


Рис. 2. Микрофотография (60x) каркаса PLGA/β-TCP

Экстракция растворителя, хлороформа, этанолом при низких температурах способствовала снижению цитотоксичности каркасов. Добавление бета-трикальцийфосфата (β-TCP) в образцы не оказывало значительного влияния на модуль сжатия, составившего 1,49÷6,64 МПа, но имело тенденцию к снижению показателей прочности на сжатие, достигших 0,110÷0,296 МПа. Полученные каркасы с различными размерами пор потенциально могут быть использованы в инженерии костной ткани.

В аддитивном производстве метод струйной обработки связующего (BJT) продемонстрировал потенциал для получения биорезорбируемых материалов. Преимущество низкотемпературной природы процесса BJT используют для создания более термочувствительного биополимера. Исследователи [4] адаптировали концентрацию связующего раствора на основе фосфорной кислоты до 8,75 мас.% для улучшения

цитосовместимости и механической прочности кальций-фосфатных (CaP) CaP/коллагеновых каркасов. Понижение вязкости и поверхностного натяжения, отражённое рисунке 3, с помощью физиологической термообработки позволило осуществить надёжную термоструйную печать коллагеновых растворов.

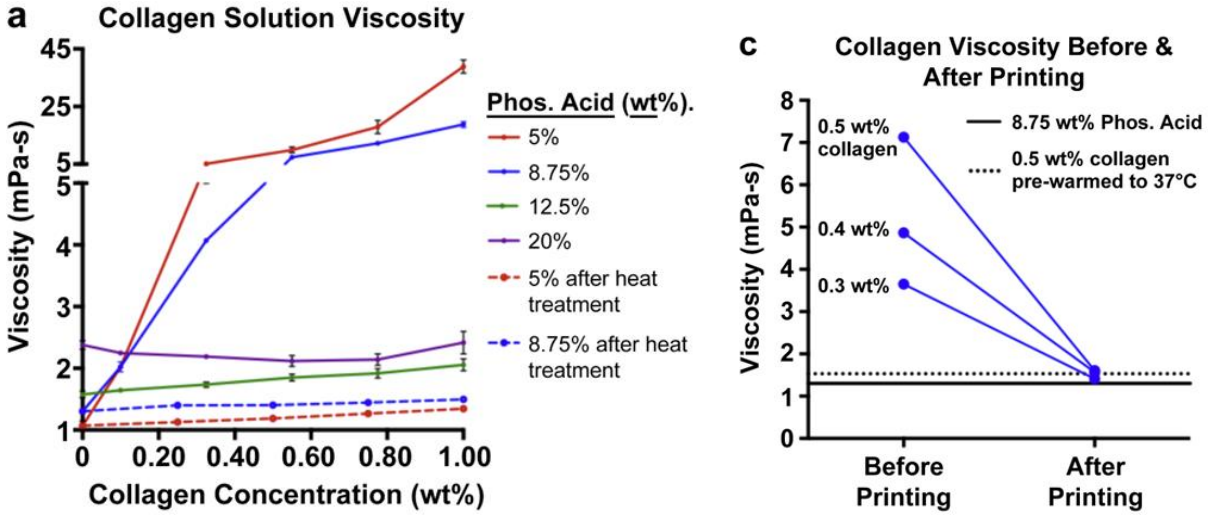


Рис. 3. Вязкость коллагена: a) в растворах фосфорной кислоты; c) до и после печати

Добавление в связующий раствор 1–2 мас.% коллагена значительно улучшило максимальную прочность на изгиб и жизнеспособность клеток (150%). Для оценки эффективности заживления кости 3D-печатные каркасы были имплантированы в дефект бедренной кости у мышей на 9 недель. Было подтверждено, что имплантаты являются остеокондуктивными, с новым слоем кости, включающим биорезорбируемые материалы.

Таким образом, инженерные подходы к изготовлению биорезорбируемых каркасов предлагают идеи, необходимые для улучшения характеристик материалов. Кроме того, явным образом проявляется необходимость стратегий, требуемых для проектирования многофункциональных имплантатов для узконаправленных биомедицинских нужд. Ожидается, что новые технологии изготовления, такие как TIPS и BJT, позволят создавать индивидуальные для пациента каркасы с точной архитектурой пор, которые смогут улучшить интеграцию тканей и васкуляризацию.

Список использованных источников

1. Старение и здоровье. Отчёт Всемирной организации здравоохранения за 2022 год. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ageing-and-health (дата обращения: 20.09.2024).
2. Jeong Y.J. et al. Fully bioresorbable, all-polymer-based, 3D-printed scaffolds with prolonged radiopacity and enhanced durability // Chemical Engineering Journal. – 2024. – P. 152851.
3. Yang Y. et al. Formation of porous PLGA scaffolds by a combining method of thermally induced phase separation and porogen leaching // Journal of applied polymer science. – 2008. – Т. 109. – №. 2. – Pp. 1232–1241.
4. Inzana J.A. et al. 3D printing of composite calcium phosphate and collagen scaffolds for bone regeneration // Biomaterials. – 2014. – Т. 35. – №. 13. – Pp. 4026–4034.

УДК 621.317.332.3

РАЗРАБОТКИ ДЛЯ ПРОТОТИПА БИОНИЧЕСКОГО ПРОТЕЗА И МОДЕЛЬ, ОПИСЫВАЮЩАЯ СВОЙСТВА РУКИ

Ульянова Е.С. (студент, МАИ), **Махмудов М.Г.** (студент, МАИ)
Научный руководитель: старший преподаватель Егоров В.В. (МАИ)
e-mail: liza.korolev@gmail.com

В работе были предложены разработки для прототипа бионического протеза со способом выделения информационного сигнала из шумов с помощью ФКМ-импульса применительно к задачам оценки биоимпеданса мышц в области предплечья, а также показана модель, описывающая свойства руки.
Ключевые слова: *бионика, протез, кисть руки, биоимпеданс, большая база, зондирующий сигнал, бионический протез.*

В стенах СКБ-4 «Сигнал» МАИ были спроектированы и изготовлены бионический протез кисти руки и инновационная модель, всесторонне характеризующая электрофизиологические свойства руки на частоте 100 кГц.

Бионические протезы кисти руки, воплощение последних технологических достижений, обладают потенциалом стать незаменимым инструментом для людей с ампутацией или ограниченными возможностями. Их уникальные возможности позволяют:

- сохранить и усовершенствовать неврологический контроль над движением, укрепляя моторику и силу;
- осуществлять высокоточные манипуляции инструментами и оборудованием за счет исключительной чувствительности и точности движений;
- обеспечивать стабильность движений и надежный захват при выполнении сложнейших операций;
- функционировать в экстремальных условиях благодаря особой защите от температурных перепадов и радиационного воздействия.

Таким образом, бионические протезы не только расширяют возможности людей с физическими ограничениями, но и значительно повышают их безопасность и эффективность в самых разнообразных условиях. Они позволяют полноценно участвовать в профессиональной деятельности в различных средах, даря уверенность и независимость.

Стремясь усовершенствовать анализ состояния мышц протеза, исследователи разработали передовую модель электрофизиологических параметров руки на резонансной частоте 100 кГц. Эта модель представляет собой многослойную структуру (кожа, мышцы, промежуточные ткани), где каждый компонент представлен эквивалентной схемой RLC.

В основе работы модели лежит концепция биоимпедансного анализа, при которой высокочастотный сигнал передается через электроды на коже. Изменения импеданса мышц, возникающие при их сокращении, используются для определения их состояния.

Новаторская особенность разработки заключается в использовании технологии кодового разделения каналов. Сигнал одновременно транслируется на восемь пар электродов с уникальными кодовыми последовательностями. Это позволяет одновременно анализировать состояние до восьми мышц.

Такой подход значительно повышает скорость получения данных, устраняет помехи и обеспечивает более быструю реакцию протеза на изменения в мышечной активности.

Для реализации измерений было разработано устройство формирователя зондирующего сигнала, используемое в биопротезе кисти руки, на вход которого подаётся двоичная последовательность немодулированных импульсов напряжения частотой до 10 кГц с цифрового интерфейса SPI, а на выходе – действовать переменный ток частотой 100 кГц, модулированный входными импульсами напряжения. Устройство работает по следующему принципу: через одну (активную) пару полюсов электрода, неинвазивно подключенного к коже близ наиболее активной области (пику сокращения) мышцы сгибателя пальцев, пропускается ток частотой 100 кГц с ФКМ и полосой около 10 кГц – зондирующий сигнал. Ток, проходя через рассматриваемую мышцу, создаёт напряжение между двумя любыми её

участками. Данное напряжение измеряется другой (пассивной) парой полюсов того же самого электрода – они расположены между полюсами активной пары, подключенными к источнику тока с ФКМ – формирователю зондирующего сигнала. Пассивная пара полюсов подключается к измерителю напряжения. Комплексная амплитуда напряжения, измеренного данным способом, на любой рассматриваемой частоте будет прямо пропорциональна модулю комплексного сопротивления рассматриваемого участка мышцы на данной частоте и комплексной амплитуде входного тока. При этом необходимо учитывать комплексную частотную характеристику (КЧХ) различных мышц руки – для этого и была синтезирована эквивалентная измерительная схема электрод-мышца на RLC-элементах, КЧХ которой аппроксимирует КЧХ реальной мышцы сгибателя пальца руки. Откалибровав изделие, измеряя биоимпеданс мышц, можно крайне быстро и точно оценивать их состояние и, как следствие, так же быстро и точно совершать нужные действия механической рукой.

Основные технические требования к формирователю зондирующего сигнала:

- эквивалентность идеальному источнику тока – в заданных пределах величина и форма тока не должны зависеть от величины сопротивления нагрузки (руки): в предположении, что импеданс руки может меняться в пределах от 10 Ом до 1000 Ом, а величина тока – от 0.1 мА до 8 мА, изменение величины тока должно составлять менее 1% в любую сторону;
- точная подстройка – величина реального тока должна быть известна с высокой точностью: погрешность должна составлять менее 1% в любую сторону;
- высокая стабильность частоты – все измерения проводятся на определённых частотах и их сильный уход от своего номинального значения может привести к высокой ошибке считывания состояния мышцы, поэтому порядок относительной нестабильности частоты должен составлять величину не более 10–5;
- качество ФКМ – модуляция гармонического сигнала частоты 100 кГц должна осуществляться с минимальными искажениями;
- регулировка – для всех важных параметров системы должна быть возможность регулировки или подстройки;
- автономность и компактность – устройство должно работать автономно, без внешних источников энергии, а также обладать малыми габаритами и массой для нормальной установки и работы в составе протеза кисти руки.

Поскольку предполагается дальнейшее внедрение протезов на рынок, приводится требование к дешевизне системы, возможности быстрого и дешёвого ремонта и производства с использованием полностью отечественной компонентной базы.

Была построена функциональная схема устройства. Вход системы – вход для модулирующего сигнала фазового манипулятора, на который также подаётся сигнал с генератора опорной частоты (100 кГц). Сигнал с модулятора должен подаваться на преобразователь напряжение-ток, выход которого и является выходом всей системы. Питание элементов устройства осуществляется двухполярной сетью: +6 В, -6 В – для этого в функциональной схеме используется автономный источник питания.

При разработке системы были рассмотрены различные варианты реализации. Было принято решение использовать операционные усилители (ОУ) практически во всех блоках системы из-за дешевизны и меньшей громоздкости каскадов на них за счёт: крайне малого энергопотребления и нагрева устройства, интуитивной простоты построения блоков на них и приемлемых характеристик на частоте 100 кГц. В частности, преобразователь напряжение-ток, который создаёт на выходе ток, по форме повторяющий входное напряжение с определённым регулируемым коэффициентом, построен по классической схеме источника тока на ОУ с плавающей нагрузкой [1].

Фазовый манипулятор построен с использованием аналогового демультиплексора, на вход которого поступают модулирующие импульсы, и, в зависимости от величины импульса, открывается либо выход демультиплексора, на который поступает напрямую сигнал генератора (в случае, если модулирующий сигнал принимает значение «0»), либо выход, на

который поступает его инвертированная с помощью инвертирующего усилителя на ОУ копия (в случае, если модулирующий сигнал принимает значение «1»). В то время, когда один выход демультиплексора открыт, другой закрывается, поэтому за счёт применения стягивающего к нулю резистора имеет нулевой потенциал. Одновременно суммируя и инвертируя данные сигналы с помощью инвертирующего сумматора на ОУ, получаем необходимый ФКМ-сигнал.

Генератор опорной частоты реализован, как каскад автогенератора на ОУ с отрицательной обратной связью (ООС) и положительной обратной связью (ПОС) с последующим масштабированием по амплитуде с использованием инвертирующего усилителя на ОУ. ПОС в каскаде генератора построена в виде частотно-избирательной цепи (ЧИЦ) на основе кварцевого резонатора, работающего в режиме последовательного резонанса. ЧИЦ на основе кварцевого резонатора была выбрана из-за высоких требований к стабильности частоты и меньшей громоздкости системы. ООС в каскаде генератора построена в виде классической цепи ООС неинвертирующего усилителя на ОУ с одной лишь разницей: вместо последовательного резистора, увеличение номинала которого в классической схеме неинвертирующего усилителя приводило бы к увеличению коэффициента усиления, в цепи присутствует двунаправленный сдвоенный диод Шоттки, роль которого крайне важна. При самовозбуждении каскада постепенно растёт амплитуда выходного напряжения, которая при наличии обычной классической ООС увеличивалась бы на столько, что в какой-то момент превысила бы напряжение питания ОУ и привела бы к значительным искажениям – постепенному превращению выходной гармоники в меандр, а также привела бы к работе ОУ в области граничных напряжений. Такой режим работы для ОУ нежелателен и плохо влияет на его долговечность [2]. Чтобы избежать указанных неприятностей и был применён двунаправленный сдвоенный диод Шоттки – при повышении амплитуды выходного сигнала растёт и напряжение, падающее на диодах, и при достижении величины, необходимой для открытия диодов, их дифференциальное сопротивление резко падает, что сильно снижает коэффициент передачи цепи ООС, но, поскольку каскад применен неинвертирующий, коэффициент не падает ниже единицы, а лишь автостабилизируется на определённом значении, необходимом для поддержания стабильных автоколебаний.

Блок питания построен с использованием двух отдельных аккумуляторных батарей – каждая напряжением 7.4 В, подключенных к линейным стабилизаторам напряжения на микросхемах на 6 В. Положительный полюс одного стабилизатора, подключается к отрицательному полюсу другого – данный вывод блока питания считается нулевым потенциалом всей системы. Отрицательный же полюс первого упомянутого стабилизатора будет иметь потенциал -6 В, а положительный полюс второго – потенциал +6 В. Таким образом, и получаем стабильную автономную цепь двухполярного питания с тремя полюсами: «ноль», +6 В, -6 В.

В дальнейшем планируется разработать прототип системы и провести испытания для оценки ее применимости и эффективности в практических условиях.

В процессе работы над ошибками прошлой версии [3], мы пришли к предложенной системе бионических протезов, отличающейся от существующих аналогов принципом обработки сигналов, что открывает новые возможности для адаптации к индивидуальным особенностям пользователя. За счет использования биоимпедансных датчиков, размещенных в оптимальных точках пиков сокращения мышц, и технологии фазовой кодовой модуляции (ФКМ) для анализа данных, система обеспечивает высокую чувствительность и оперативность реакции.

Биоимпедансные датчики в режиме реального времени передают информацию об активности мышц на центральный блок управления. Алгоритмы обработки сигналов ФКМ позволяют точно интерпретировать данные и генерировать соответствующие сигналы управления для сервоприводов протеза.

Для дальнейшего развития системы планируется создание специализированного программного обеспечения, реализующего указанные алгоритмы. Также будут проведены

полевые испытания, результаты которых позволят внести необходимые корректировки в конструкцию и функционал устройства.

На сегодняшний день получены прототипы бионического протеза кисти руки и модели человеческого предплечья. Достигнутый уровень чувствительности позволяет управлять протезом с различной степенью сгибания пальцев. Ведется разработка программного обеспечения для центрального блока управления системой.

Предлагаемое решение имеет ряд существенных преимуществ перед существующими бионическими протезами:

- значительно более низкая стоимость благодаря использованию доступных материалов и технологий;
- высокая скорость отклика и точность управления за счет инновационного принципа обработки сигналов;
- удобство и простота в использовании, обусловленные оптимальным размещением датчиков и адаптивной настройкой системы под индивидуальные особенности пользователя.

Список использованных источников

1. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники: В 3-х томах / Пер. с англ.: Б.Н. Бронина, И.И. Короткевич, А.И. Коротова, М.Н. Микшиса, Л.В. Поспелова, О.А. Соболевой, К.Г. Финогенова, Ю.В. Чечёткина, М.П. Шарапова. – Изд. 4-е, переработанное и дополненное. – М.: Мир, 1993. – 24 с.
2. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника: Справочное руководство / Перевод с нем. под ред. д-ра техн. наук А. Г. Алексенко. – М.: Мир, 1982. – 512 с.
3. Sazonov O.I., Zolotenkova M.K., Egorov V.V. Prototype of the Forearm Muscle EIT Generator with Automatically Switchable Sensors for the Prosthesis Control System // 2023 IEEE 24th International Conference of Young Professionals in Electron Devices and Materials (EDM). – 2023. – Pp. 1440–1443. DOI: 10.1109/EDM58354.2023.10225184.

Инфохимия: междисциплинарный подход к фундаментальным и практико-ориентированным исследованиям

УДК 544.773.442

НАНОЧАСТИЦЫ ЗОЛОТА КАК ОСНОВА СЕНСОРНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ РАМАНОВСКОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

Павлова А.А. (студент, Университет ИТМО), **Малеева К.А.** (аспирант, Университет ИТМО), **Москаленко И.В.** (Университет ИТМО), **Смирнов Е.А.** (Университет ИТМО)
Научный руководитель: к.х.н., профессор Смирнов Е.А. (Университет ИТМО)
e-mail: arinapavlova29@mail.ru

В работе рассмотрен способ создания подложек на основе наночастиц золота для усиления интенсивности сигнала рамановского рассеяния, а также проверка их усиливающей способности с помощью нерезонансной модельной молекулы красителя – родамин 6Ж. Проверка увеличения интенсивности сигнала заключалась в расчете коэффициентов усиления для каждой подложки. В будущем данная работа позволит определить параметры, необходимые для создания наиболее усиливающей подложки, и такая подложка сможет использоваться для детектирования природных полифенольных соединений.

Ключевые слова: *наночастицы золота, самосборка, граница раздела жидкость-жидкость, рамановская спектроскопия, родамин 6Ж.*

В быстро развивающемся мире поверхностно-усиленная рамановская спектроскопия (спектроскопия гигантского комбинационного рассеяния (ГКР)) является незаменимым методом детектирования и выявления концентраций исследуемых веществ. Впервые спектроскопия ГКР использовалась в 1974 году [1]. С тех пор она стала применяться повсеместно: и в биомедицине [2], и в нанотехнологии [3], и в фармацевтике [4], и в криминалистике [5], и в экологии [6], и в клинической диагностике [7] и других сферах.

Особенность рамановской спектроскопии заключается в распознавании аналитов в диапазоне «отпечатков пальцев» (650–1500 $см^{-1}$). Данная область дает возможность детектировать единичные соединения в смесях. Но наряду с множеством преимуществ рамановской спектроскопии существует одна из главных проблем – низкая интенсивность сигнала. Способы увеличения интенсивности рамановского сигнала рассматривались в работах [8, 9].

В настоящее время рамановское усиление может иметь электромагнитное или химическое происхождение. Электромагнитный механизм связан с поверхностным плазмонным резонансом. Коэффициент усиления (КУ) для данного метода обычно составляет 10^3–10^6 относительно спектров комбинационного рассеяния без усиления. Химический же механизм позволяет добиться КУ около 10^6–10^8, увеличение КУ на 1–2 порядка по сравнению с электромагнитным подходом происходит благодаря переносу заряда либо между самими молекулами [10], либо между адсорбируемыми молекулами и субстратом [11, 12].

Все более прогрессирующим подходом к получению подложек для спектроскопии ГКР служит самосборка наночастиц золота на границе раздела жидкость-жидкость [13, 14, 15]. Для их создания необходимо сначала получить наночастицы (НЧ) золота. Существует множество методов синтеза НЧ различных форм и размеров, но преобладают обычно классический подход, известный как синтез Френса-Туркевича [16], а также методика Парка [17, 18], заключающаяся в наращивании наночастиц, полученных методом Френса-Туркевича.

Как было показано в работе [14], самосборка плазмонных материалов (в том числе, наночастиц золота) на границе раздела двух несмешивающихся жидкостей позволяет получать упорядоченные монослойные пленки наночастиц металлов, обладающих всеми свойствами для усиления сигнала рамановского рассеяния. И при переносе этих пленок на

подложки монослойность позволяет снизить себестоимость усиливающих подложек, а полнейшая упаковка наночастиц способствует увеличению сигнала ГКР.

Для успешного аналитического применения подложек, усиливающих рамановский сигнал, важно, чтобы они не только демонстрировали высокие КУ, но и сохраняли линейность в широком диапазоне концентраций аналита [9]. Перед практическим внедрением необходимо тщательно оценить надежность и эффективность таких подложек, а этого можно достичь путем тестирования с использованием хорошо зарекомендовавших себя модельных молекул. В качестве таких молекул часто используются различные красители, такие как малахитовый зеленый [19, 20], кристаллический фиолетовый [20] или родамин 6Ж [21]. В данной работе именно родамин 6Ж был выбран в качестве индикатора для оценки эффективности подложек и их пригодности для последующих аналитических задач.

После проверки усиливающих свойств подложки необходимо испытать в качестве сенсоров. В будущем планируется применить полученные подложки для детектирования полифенольных соединений.

Экспериментальная часть

В данной работе основная цель – усиление интенсивности сигнала рамановской спектроскопии – решали с помощью легкого способа самосборки наночастиц золота без функционализации наночастиц по методике, предложенной в работах [22, 23]. Для создания коллоидных растворов золота применяли два способа: подход Френса, где проводят реакцию $HAuCl_4$ с одним из трех восстановителей: цитратом натрия, аскорбиновой кислотой, аскорбатом калия [16, 18], и подход Парка [17, 18], который используют для увеличения размеров наночастиц, синтезированных по методике Френса.

Для описания размеров и концентрации наночастиц в золях использовали спектроскопию в УФ-Видимой области. Для получения спектров поглощения использовался спектрофотометр Shimadzu UV-1800 (Япония) с кварцевой кюветой с длиной оптического пути 10 мм. По спектрам поглощения рассчитывали средний диаметр частиц, согласно методике, предложенной в работе [24], и концентрацию.

Кроме того, синтезированные золи характеризовали методом динамического светорассеяния с помощью прибора Malvern Zetasizer Nano (Великобритания) с использованием гелий-неонового лазера с длинной волны 633 нм. Данный метод динамического светорассеяния использовали с целью получения размеров наночастиц и дзета-потенциалов (меры устойчивости коллоидных золей).

Потому синтезированные наночастицы необходимо организовать в самосборки на границе раздела вода-масло, где масляной фазой является тетратиафульвален (ТТФ) в дихлорэтане. Одним из преимуществ является простота создания таких самосборок, так как вся методика состоит в том, чтобы прилить к раствору ТТФ в дихлорэтане наночастицы золота и интенсивно перемешать. Данный процесс позволяет получать плотноупакованную отражающую пленку из НЧ на границе раздела жидкость-жидкость [22]. Кроме того, предварительные математические операции, основанные на заранее полученных диаметрах и концентрациях наночастиц, позволяют регулировать количество слоев на границе раздела фаз. Данная работа демонстрирует возможность создания монослойных пленок.

Затем полученные самосборки переносили на границу раздела водная-органическая фаза. В качестве органической фазы выступает смесь 1,2-дихлорэтана с гексаном в соотношении 1:2. После переноса самосборок на границе раздела фаз образуется монослойная блестящая пленка золотых наночастиц. Потом удаляют верхний слой (органическую фазу) и погружают в полученную пленку подложки, используя метод аквапринта, который служит отчасти аналогом подхода “lift-on” [25]. Рисунок 1 подробнее иллюстрирует методику метода и простоту его реализации.

Морфология покрытий полученных подложек изучалась с помощью сканирующей электронной (СЭМ) и атомно-силовой (АСМ) микроскопий. Изображения АСМ были получены с использованием микроскопа Ntegra Prima (Россия)**.** Снимки СЭМ были получены с помощью микроскопа FEI Quanta (Нидерланды), оснащенного термоэмиссионным

источником электронов, работающим при ускоряющем напряжении 20 кВ, с детектором вторичных электронов. Затем подложки, полученные методом аквапринта проверялись в качестве усиливающих субстратов в рамановской спектроскопии.

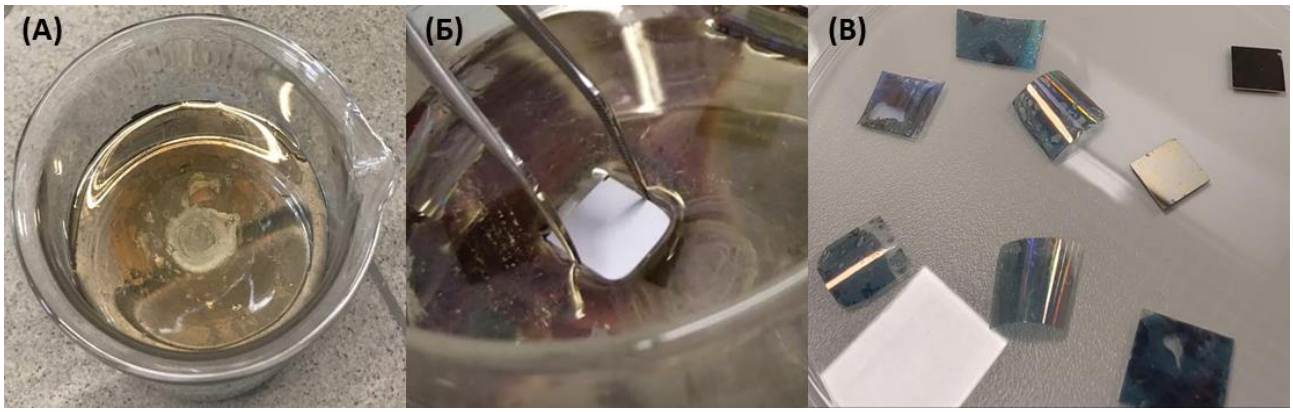


Рис. 1. Покрытие подложек наночастицами золота методом аквапринта: (А) Пленка наночастиц золота, перенесенная на границу раздела фаз; (Б) опускание кремниевой подложки в пленку упорядоченных НЧ золота; (В) подложки, покрытые монослоем золота: кремниевые и полимерные

Для измерения рамановских спектров использовали рамановский мискроскоп InVia (Renishaw, UK) с красным лазером с длинной волны 633 нм. Все рамановские спектры снимали на подложках, площадь поверхности которых составляла ~1 см^2. Процедура измерения спектров комбинационного рассеяния заключалась в нанесении на поверхность подложки раствора красителя родамин 6Ж в этаноле в концентрации от 30 до 350 мкМ. Этанол использовали для ускорения процесса высыхания раствора образца на подложке. После полного высыхания капли регистрировали спектры комбинационного рассеяния. Для расчета коэффициента усиления (КУ) спектр комбинационного рассеяния чистого родамина 6Ж записывали после нанесения 0,4 М раствора красителя на поверхность чистого кремния.

Обсуждение результатов

Характеризация всех золей наночастиц золота с использованием УФ-Видимой спектроскопии представлена на рисунке 2, а и с применением метода динамического светорассеяния – на рисунке 2, б. На основании данных УФ-Видимой спектроскопии все наночастицы золота в полученных образцах имели диаметр от 14 до 99 нм. Эти же размеры были подтверждены динамическим светорассеянием, кроме того, данный метод позволил удостовериться в устойчивости коллоидных растворов, так как дзета-потенциал меньше -30 мВ. Также по рисунку 2, а можно увидеть, что с уменьшением объема восстановителя, используемого в синтезе, пик поглощения сдвигается в длинноволновую область. А по рисунку 2, б видно, что уменьшение объема восстановителя приводит к смещению среднего распределения наночастиц вправо. И эти результаты сходятся с данными УФ-Видимой спектроскопии.

Все синтезированные коллоидные растворы использовали далее для создания самосборок на границе раздела жидкость-жидкость. Рисунок 3 показывает сборки на границе раздела вода-масло с разным объемом наночастиц золота, и как следствие, с различной толщиной пленки. Кроме того, при повторном диспергировании данные самосборки способны к самовосстановлению.

Равномерность нанесения пленок на подложки методом аквапринта подтверждена сканирующей электронной и атомно-силовой (рис. 4) микроскопиями. Так, на изображениях с СЭМ можно увидеть достаточно равномерное нанесение золотых пленок на подложки. На представленных снимках есть небольшие непокрытые (дефектные) области подложки, однако для предлагаемых нами приложений это не мешает, так как размер непокрытых участков не превышает латеральный размера лазерного пучка рамановского спектрометра.

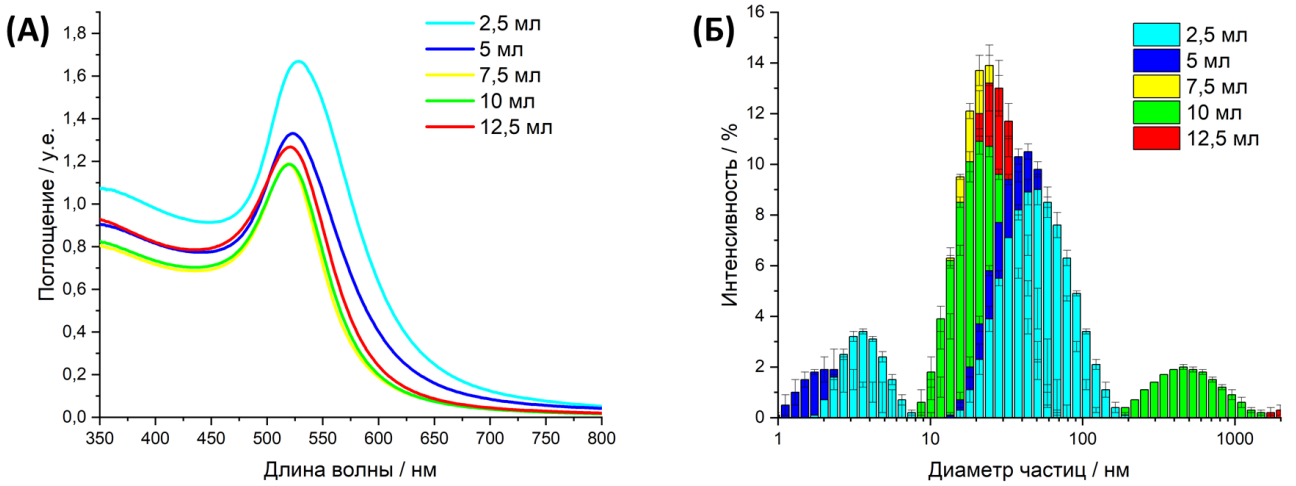


Рис. 2. А) Спектры поглощения золей, приготовленных с использованием в качестве восстановителя – цитрата натрия, Б) Распределение наночастиц по размерам для коллоидов, синтезированных с различными объемами цитрата натрия

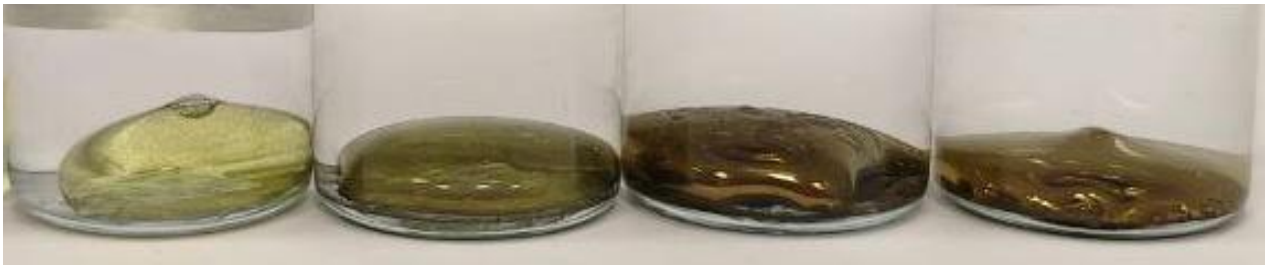


Рис. 3. Самосборки с различным числом слоев гексагонально упакованных наночастиц золота. Слева направо: 0.25, 0.5, 1 и 2 монослоя наночастиц

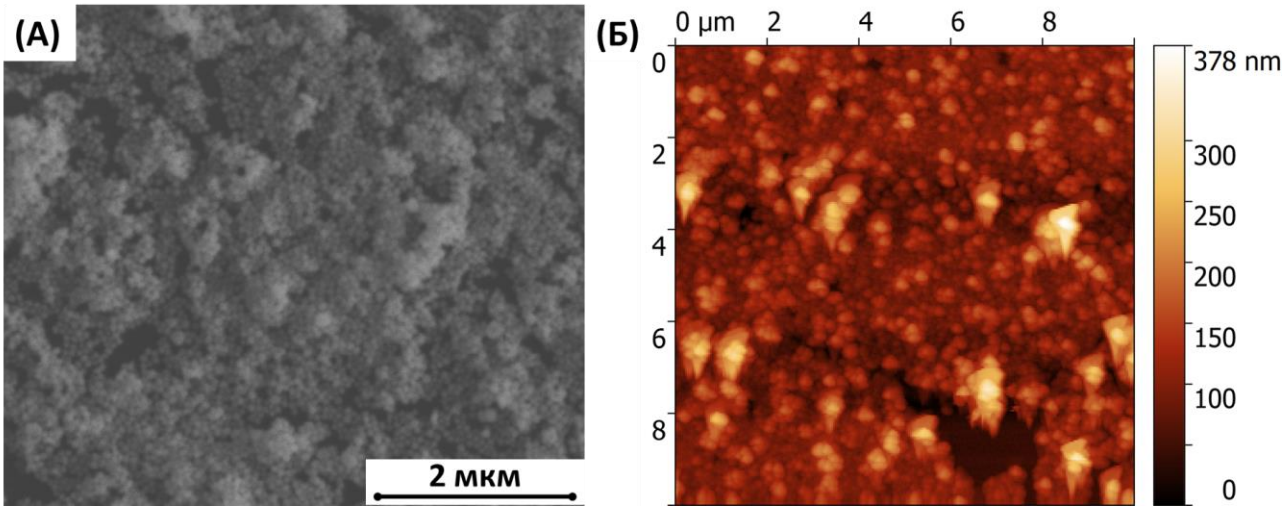


Рис. 4. А) СЭМ- и Б) АСМ-изображения подложек, покрытых наночастицами золота диаметром 75 нм

Из изображений АСМ можно наблюдать ровную морфологию плотноупакованного монослойного покрытия полученных подложек. На некоторых участках можно четко пронаблюдать гексагональную упаковку сферических наночастиц.

На рисунке 5 представлены спектры рамановского рассеяния родамина 6Ж на кремниевых подложках с наночастицами диаметром 35 нм.

Анализируя уже существующие работы с использованием родамина 6Ж [26], можно сказать, что пики R6G на синтезированных нами подложках согласуются с ранее опубликованными работами. Это свидетельствует о способности данных подложек к

дальнейшим практическим приложениям и позволяет провести вычисления усиливающей способности подложек.

Используя измеренные рамановские спектры, были рассчитаны коэффициенты усиления по методике [27]. Для наночастиц маленького диаметра КУ получаются ≈10^3, например, для наночастиц 35 нм усиление составляет $3{,}1 \cdot 10^3$, для наночастиц большого диаметра КУ ≈10^4.

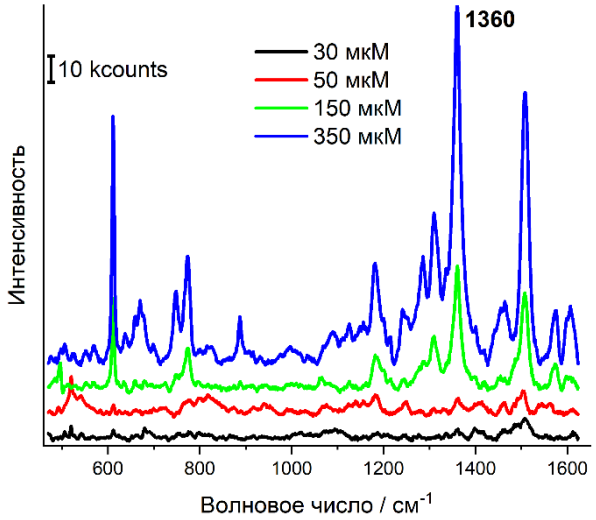


Рис. 5. Рамановские спектры на кремниевых подложках, покрытых наночастицами золота диаметром 35 нм, с разными концентрациями родамина 6Ж (R6G)

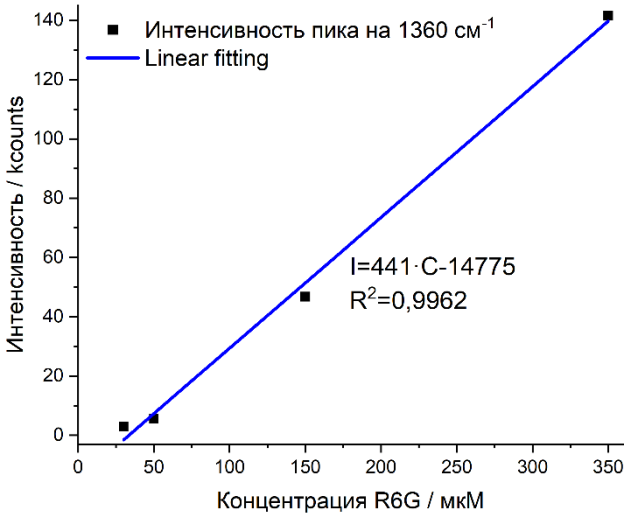


Рис. 6. Зависимость интенсивности рамановского рассеяния от объема родамина 6Ж, нанесенного на подложку с наночастицами диаметром 35 нм

Кроме того, если рассмотреть зависимости интенсивности сигнала рамановского рассеяния от концентрации родамина 6Ж, измеряемого на подложке, на примере пика на 1360 $см^{-1}$, то можно увидеть, что они линейны (рис. 6).

Собрав базу данных рамановских спектров со всеми подложками, покрытыми наночастицами золота, и рассчитав для каждой из них коэффициент усиления, можно будет вычислить наиболее равномерно усиливающую подложку, и в последствии использовать ее в качестве сенсора на полифенольные соединения (в частности, на кофейную, хинную и хлорогеновую кислоты).

Выводы

Иначе говоря, вышеизложенная работа показала простой и недорогостоящий способ создания усиливающих подложек для рамановской спектроскопии, основанный на принципе самосборок наночастиц золота на границе раздела вода-масло и их переносе на подложки методом аквапринта.

Работа смогла отразить пригодность созданных подложек для усиления сигнала рамановского рассеяния. Это было продемонстрировано на примере модельной молекулы родамина 6Ж. В процессе работы удалось достичь коэффициенты усиления порядка 10^3–10^4. В будущем работа будет продолжена в направлении увеличения коэффициента усиления, определения наиболее усиливающей подложки. А затем на этой подложке будет проведено определение полифенолов и их концентраций.

Список использованных источников

1. Fleischmann M., Hendra P. J., McQuillan A. J. Raman spectra of pyridine adsorbed at a silver electrode // Chemical physics letters. – 1974. – Т. 26. – №. 2. – P. 163.
2. Krafft C., Popp J. The many facets of Raman spectroscopy for biomedical analysis // Analytical and bioanalytical chemistry. – 2015. – Т. 407. – 699 p.
3. Kumar C.S.S.R. (ed.). Raman spectroscopy for nanomaterials characterization. – Springer Science & Business Media, 2012. DOI: 10.1007/978-3-642-20620-7_2.

4. Saleh T.A., Al-Shalalfeh M.M., Onawole A.T., Al-Saadi A.A. Ultra-trace detection of methimazole by surface-enhanced Raman spectroscopy using gold substrate // Vibrational Spectroscopy. – 2017. – Т. 90. – С. 96.
5. Izake E.L. Forensic and homeland security applications of modern portable Raman spectroscopy // Forensic science international. – 2010. – Т. 202. – №. 1-3. – С. 1.
6. Li R., Chen M., Yang H. et al. Simultaneous in situ extraction and self-assembly of plasmonic colloidal gold superparticles for SERS detection of organochlorine pesticides in water // Analytical Chemistry. – 2021. – Т. 93. – №. 10. – P. 4657.
7. Qi Z., Akhmetzhanov T., Pavlova A., Smirnov E. Reusable SERS Substrates Based on Gold Nanoparticles for Peptide Detection //Sensors. – 2023. – Т. 23. – №. 14. – P. 6352.
8. Li J.F., Zhang Y.J., Ding S.Y. et al. Core–shell nanoparticle-enhanced Raman spectroscopy // Chemical reviews. – 2017. – Т. 117. – №. 7. – P. 5002.
9. Langer J., Jimenez de Aberasturi D., Aizpurua J. et al. Present and Future of Surface-Enhanced Raman Scattering // ACS Nano. – 2020. – Т. 14. – № 1. – P. 28.
10. Eremina O.E., Yarenkov N.R., Kapitanova O.O. et al. Molecular Immobilization and Resonant Raman Amplification by Complex-Loaded Enhancers (MIRRACLE) on copper (II)–chitosan–modified SERS-active metallic nanostructured substrates for multiplex determination of dopamine, norepinephrine, and epinephrine // Microchimica Acta. – 2022. – Т. 189. – №. 5. – P. 211.
11. Holmberg N., Laasonen K., Peljo P. Charge distribution and Fermi level in bimetallic nanoparticles // Physical Chemistry Chemical Physics. – 2016. – Т. 18. – №. 4. – P. 2924.
12. Ye J., Arul R., Nieuwoudt M.K. et al. Understanding the Chemical Mechanism behind Photoinduced Enhanced Raman Spectroscopy // The Journal of Physical Chemistry Letters. – 2023. – Т. 14. – P. 4607.
13. Ye Z., Li C., Chen Q. et al. Self-assembly of colloidal nanoparticles into 2D arrays at water–oil interfaces: rational construction of stable SERS substrates with accessible enhancing surfaces and tailored plasmonic response // Nanoscale. – 2021. – Т. 13. – №. 12. – P. 5937.
14. Scanlon M.D., Smirnov E., Stockmann T.J., Peljo P. Gold nanofilms at liquid–liquid interfaces: an emerging platform for redox electrocatalysis, nanoplasmonic sensors, and electrovariable optics // Chemical reviews. – 2018. – Т. 118. – №. 7. – P. 3722.
15. Tian T., Yi J., Liu Y. et al. Self-assembled plasmonic nanoarrays for enhanced bacterial identification and discrimination // Biosensors and Bioelectronics. – 2022. – Т. 197. – P. 113778.
16. Frens G. Controlled nucleation for the regulation of the particle size in monodisperse gold suspensions // Nature physical science. – 1973. – Т. 241. – №. 105. – P. 20.
17. Park Y.K., Park S. Directing close-packing of midnanosized gold nanoparticles at a water/hexane interface // Chemistry of Materials. – 2008. – Т. 20. – №. 6. – P. 2388.
18. Smirnov E. Assemblies of Gold Nanoparticles at Liquid-Liquid Interfaces: From Liquid Optics to Electrocatalysis. – Springer. – 2018. – 270 p.
19. Xu T., Wang X., Huang Y., Lai K., Fan Y. Rapid detection of trace methylene blue and malachite green in four fish tissues by ultra-sensitive surface-enhanced Raman spectroscopy coated with gold nanorods // Food Control. – 2019. – Т. 106. – P. 106720.
20. Chen X., Nguyen T. H., Gu L., Lin M. Use of standing gold nanorods for detection of malachite green and crystal violet in fish by SERS // Journal of food science. – 2017. – Т. 82. – №. 7. – P. 1640.
21. Zhang Y.X., Zheng J., Gao G. et al. Biosynthesis of gold nanoparticles using chloroplasts // International journal of nanomedicine. – 2011. – P. 2899.
22. Smirnov E., Scanlon M.D., Momotenko D. et al. Gold metal liquid-like droplets // ACS nano. – 2014. – Т. 8. – №. 9. – P. 9471.
23. Павлова А.А., Ахундзянова А.О., Король А.И., Малеева К.А. Самосборка наночастиц золота на границе жидкость-жидкость как платформа для метода гигантского комбинационного рассеяния // Альманах научных работ молодых ученых Университета ИТМО. – 2023. – Т. 2. – С. 15–19.
24. Haiss W., Thanh N.T., Aveyard J., Fernig D.G. Determination of Size and Concentration of Gold Nanoparticles from UV−Vis Spectra // Anal. Chem. – 2007. – Т. 79. – №. 11. – P. 4215.
25. Song L., Xu B.B., Cheng Q. et al. Instant interfacial self-assembly for homogeneous nanoparticle monolayer enabled conformal “lift-on” thin film technology // Science Advances. – 2021. – Т. 7. – №. 52. – P. eabk2852.
26. Huo C., Han W., Tang W., Duan X. Stable SERS substrate based on highly reflective metal liquid-like films wrapped hydrogels for direct determination of small molecules in a high protein matrix // Talanta. – 2021. – Т. 234. – P. 122678.
27. Le Ru E.C., Blackie E., Meyer M., Etchegoin P.G. Surface enhanced Raman scattering enhancement factors: a comprehensive study // The Journal of Physical Chemistry C. – 2007. – Т. 111. – №. 37. – P. 13794.

УДК 66.084.8

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ И АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА МОДИФИЦИРОВАННЫХ УЛЬТРАЗВУКОМ ЧАСТИЦ МАГНИЯ

Сафронова Т.М. (студент, Университет ИТМО)
Научный руководитель: к.х.н., в.н.с. Уласевич С.А. (Университет ИТМО)
e-mail: tats44fronova@gmail.com, saulasevich@itmo.ru

В работе рассмотрено влияние воздействия ультразвука на частицы магния в растворе сульфата меди, что приводит к изменению их фазового состава и возникновению биоцидных свойств. Исследование физико-химических свойств полученных частиц проводили методами РФА, СЭМ, ДРС, проверена биоцидная активность с использованием грамположительных бактерий: Lactobacillus plantarum, Bacillus coagulans.
Ключевые слова: *ультразвуковая обработка, наноструктурирование, биоцидные свойства, магний.*

Резистентность бактериальных организмов – актуальная проблема современного мира. Активное развитие нанотехнологии и использование наноразмерных материалов, подвергнутых сонохимической активации уже продемонстрировали положительную динамику борьбы с устойчивостью к антибактериальным препаратам [1]. В связи с этим актуальным является разработка методов получения биоцидных материалов, перспективных для ингибирования активности резистентных бактерий.

В данной работе частицы магния предлагается модифицировать ультразвуком. Известно, что ультразвуковая кавитация приводит к возникновению кавитационных пузырей, коллапс которых приводит к возникновению микроструй со средней скоростью 100 м/с, а также к локальному увеличению температуры до 5000 К и давления до 100 атм [2]. Все перечисленные эффекты оказывают воздействия на металлические частицы в водной среде, что приводит к изменению морфологии поверхности и фазовому составу образцов. Ранее было показано, что применение ультразвука может способствовать инкорпорированию атомов металла в кристаллическую структуру второго металла, а также получению смешанных фотокатализаторов [3, 4].

Таким образом, предполагается, что ультразвуковая обработка частиц магния в присутствии меди будет способствовать формированию на поверхности магния гидроксида магния, в структуру которого будут проникать ионы меди, которые могут восстановиться генерируемым в системе водородом, что приведет к внедрению атомов меди в полученное покрытие. Выбор меди и магния обусловлен тем, что наночастицы на основе меди и магния продемонстрировали биологическую активность [5], генной терапии [6], диагностике заболеваний [7] и целевой терапии рака [8]. Известно, что биоцидная активность полученных материалов связана с изменением морфологии поверхности и химического состава, а также с высвобождением катионов металлов, что делает полученные материалы эффективными против резистентных штаммов [8, 9]. Кроме того, медь является окислительно-восстановительно-активным элементом, способным циклически переходить из одного состояния в другое (Cu2+ и Cu+), что в сочетании с активностью ферментов участвует в генерации различных активных форм кислорода, которые, взаимодействуя с белками, липидами и ДНК, приводят к апоптозу или аутофагии [10, 11].

Модификацию частиц магния (номер CAS: 7439-95-4, т. п. = 651°C, АО «ВЕКТОН», ГОСТ 6001–79), массой 2 г, проводили ультразвуком в 100 мл раствора $CuSO_4$ с концентрацией от 0,1 до 0,5 моль/л. Ультразвук с частотой 20 кГц и интенсивностью в среднем 32 Вт/см^2 генерировался с использованием ультразвукового процессора UIP1000hd (Hielscher Ultrasonics, Германия) в течение 15 мин. В работе использовали титановый сонотрод BS4d408 с площадью головки 12,5 см^2. После обработки образцы промывали дистиллированной водой методом декантации 6 раз, фильтровали и сушили в сушильном шкафу при температуре 60°C в течение 18–36 ч на воздухе. Выходная мощность ультразвука составляла 45000–50000 Вт·с в зависимости от концентрации раствора соли в системе.

Полученные частицы исследовали с помощью рентгенофазового анализа (РФА), электронного сканирующего микроскопа (СЭМ), метода динамического рассеяния света (ДРС), а также изучено биоцидное действие с использованием грамположительных культур. Структурно-морфологическую характеристику подготовленных образцов частиц проводили с помощью сканирующего электронного микроскопа (СЭМ) FEI Inspect S 50 (FEI Company, Чехия).

Показано, что ультразвуковая обработка приводит к формированию рыхлых кластеров, которые сплавляются между собой. Кроме того, обработанные ультразвуком в 0,1 М растворе CuSO4 приводят к уменьшению размеров частиц по сравнению с исходными. Следует отметить, что увеличение концентрации раствора $CuSO_4$ до 0,5 моль/л приводит к формированию пористых плотных кластеров (рис. 1).

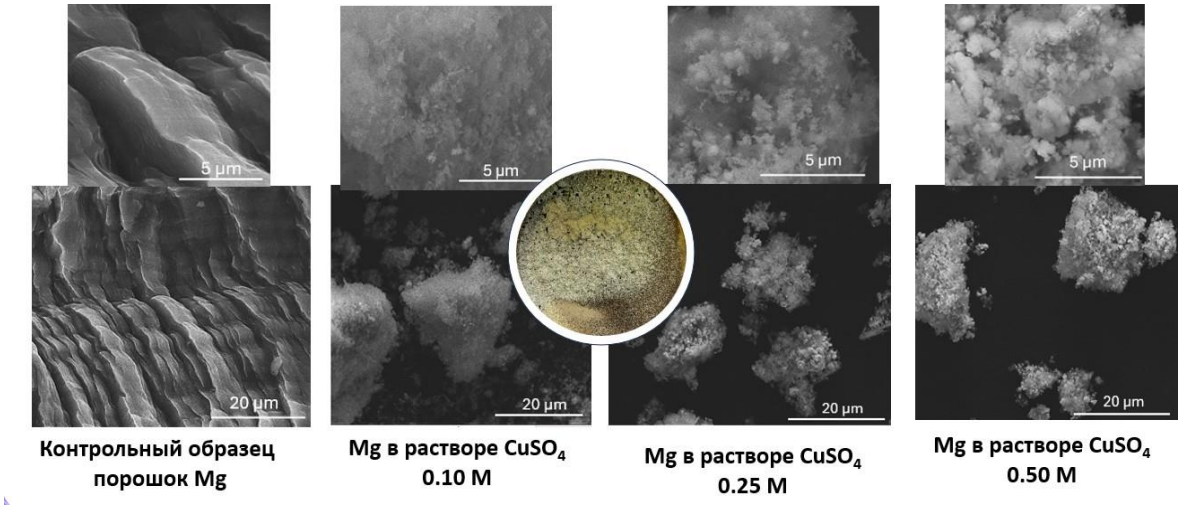


Рис. 1. СЭМ-изображения частиц магния до и после ультразвукового воздействия в растворе $CuSO_4$

Установлено, что модификация ультразвуком в растворе 0,1 М $CuSO_4$ приводит к получению 14% Cu_2O и 31% MgO·CuO, в то время как в растворе 0,25 М $CuSO_4$ формируются более сложные соединения – $Mg(OH)_2 \cdot MgSO_4 \cdot (H_2O)7$ (около 51%), CuO·MgO (около 42%) и до 7% $MgO \cdot CuO)SO_4 \cdot (H_2O)_7$. В растворе 0,5 М раствор $CuSO_4$ образуется примерно 31% Cu_2O и около 69 % смесь оксидов CuO·MgO (рис. 2).

Выявлено, что при увеличении концентрации раствора $CuSO_4$ значения дзета-потенциала полученных частиц увеличивается (рис. 3). Как видно из рисунка 3, в разбавленных растворах 0,1 М $CuSO_4$ наблюдается значительное увеличение размера частиц по сравнению с исходным порошком, в то время как увеличение концентрации сульфата меди в электролите приводит к снижению размеров частиц, однако при этом размер частиц выше исходного. Увеличение размера частиц по сравнению с исходных значением может быть обусловлено формированием гидроксида магния, который обладает более рыхлой структурой.

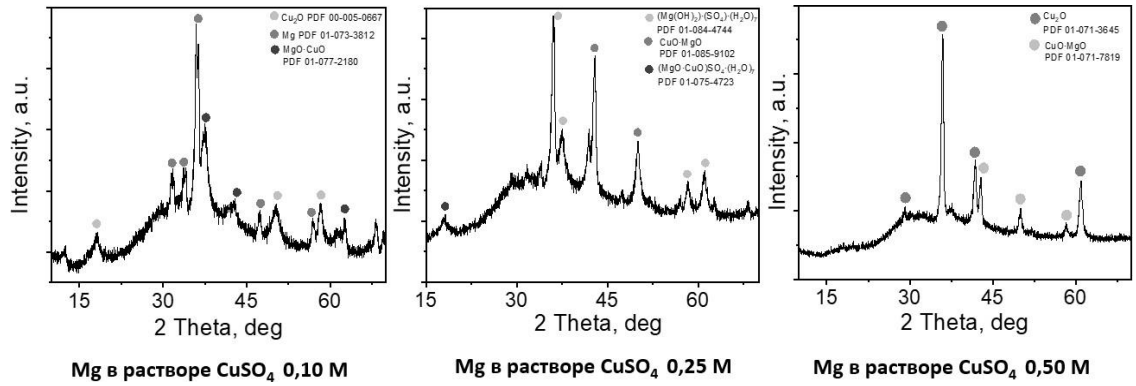


Рис. 2. Дифрактограммы частиц магния после ультразвуковой обработки в растворе $CuSO_4$ с различной концентрацией

Кроме того, при сонохимической обработке частицы исходного порошка дробятся, вследствие этого резко возрастает поверхностная энергия. Частицы начинают коагулировать, образуя более крупные кластеры, однако при увеличении концентрации раствора, в котором проводится ультразвуковая обработка, уменьшается размер образуемых агломератов. Они становятся менее склонны к коагуляции и образованию кластеров, тем самым размер уменьшается с увеличением дзета-потенциала (рис. 3).

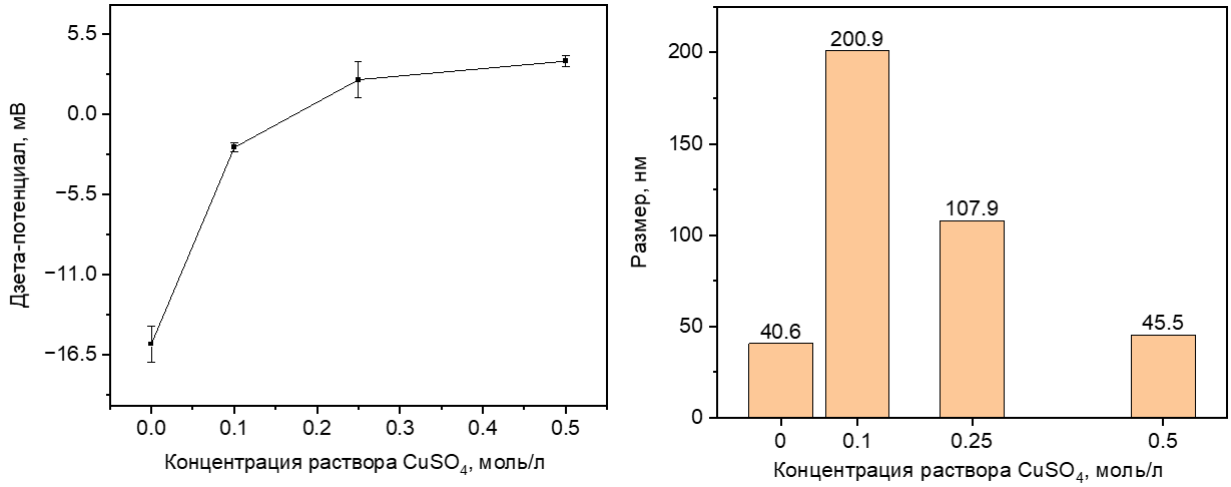


Рис. 3. Графические изображения значений дзета-потенциала и размера частиц

В качестве чистой культуры для проверки антибактериальных свойств полученных частиц был использован штамм *Lactobacillus plantarum*, выданный из коллекции БРЦ ВКПМ НИЦ «Курчатовский институт» (регистрационный номер в коллекции В-11264) и штамм *Bacillus coagulans*, выделенный из коллекции MTCC (регистрационный номер в коллекции SBC-37–01). Данные штаммы были использованы в качестве моделей грамположительных бактерий. Навески образцов, массой 100 мг, вносили в приготовленные растворы питательной среды MRS Broth (производитель – Himedia) с добавлением микробиологического 1 масс.% агар-агара (производитель – NeoFroxx) и 0,9 масс. % хлорида натрия. Образцы автоклавировали в течение 20 мин при температуре 121°C и давлении 1,1 бар с последующим поверхностных посевом *Lactobacillus plantarum 13* (КОЕ ≈ 10^9) и *Bacillus coagulans* MTCC 5856 (КОЕ ≈ 10^{10}) в чашках Петри, диаметром 90 мм (рис. 4). Для анализа размера зон ингибирования был измерен диаметр в мм, посчитано среднее арифметическое и среднеквадратическое отклонение.

Таким образом, наиболее эффективно действует против бактериальной культуры образец со второго участка – порошок Mg в 0,1 М растворе $CuSO_4$, обладающий наибольшим значением диаметра зоны ингибирования (рис. 5).

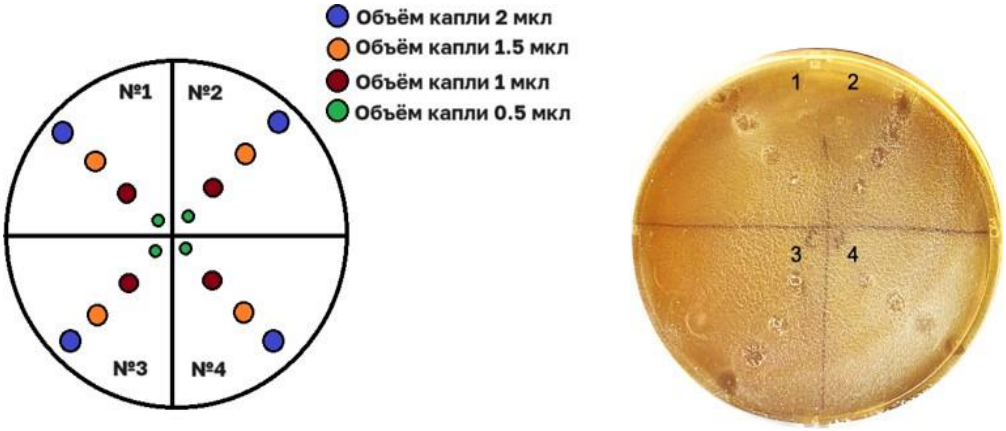


Рис. 4. Схема нанесения раствора частиц различного объема на участки питательной среды со штаммом бактерий

Это может быть следствие активного воздействия находящихся в составе частиц соединений с микроорганизмами. Воздействующие ионы являются важным микроэлементом у бактерий, но в избытке они обладают бактериостатическим действием, которое заключается во временном подавлении роста и размножения микроорганизмов.

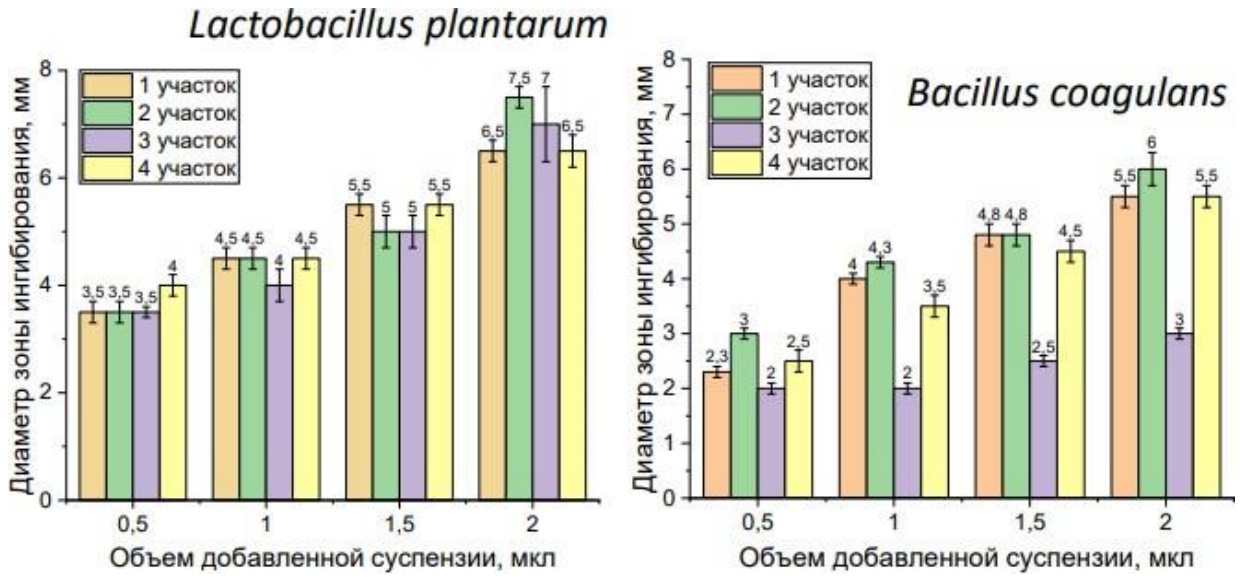


Рис. 5. Графическое изображение значений зон ингибирования в зависимости от объёма добавленной суспензии в культуральную среду

Кроме того, Cu^{2+} может образовывать свободные гидроксильные группы в присутствии кислорода, которые разрушают клеточные мембраны. Установлено, что сонохимическая обработка частиц магния с концентрацией 2г/100 мл раствора, в растворе $CuSO_4$ с концентрацией 0,1 моль/л приводит к появлению фаз Cu_2O, $MgO{\cdot}CuO$ помимо фазы частиц магния. В то время как обработка суспензии магния той же концентрации в растворах аналогичной соли с более высокими концентрациями (0,25 моль/л и 0,5 моль/л) приводит к появлению сложных соединений, таких как, $Mg(OH)2{\cdot}MgSO4{\cdot}(H2O)7$ и $(MgO{\cdot}CuO)SO_4{\cdot}(H_2O)_7$. Процесс ультразвуковой обработки в двух описанных выше системах является менее энергетичным, нежели в системе с раствором $CuSO_4$ с концентрацией 0,1 моль/л. Выявлено, что дзета-потенциал сонохимически обработанных частиц изменяется от – 15,77±0,30 мВ для контрольного образца магния и до +3,65±0,30 мВ для частиц магния в растворе с максимальной концентрацией $CuSO_4$. Размер частиц находится в диапазоне от 41,0±2,0 до 201,0±2,0 нм.

Показано, что сонохимически обработанные в растворах $CuSO_4$ различной концентрации частицы магния обладают бактерицидным действием против ряда грамположительных культур: *Lactobacillus plantarum* и *Bacillus coagulans*. Установлено, что наиболее эффективно проявляется бактерицидное действие у частиц магния в растворе $CuSO_4$ с концентрацией 0,1 моль/л, что объясняется наличием в составе частиц фазы Cu2O, образованной вследствие высокоэнергетичного процесса, происходящего в момент обработки.

Список использованных источников

1. Algethami F.K. et al. Facile synthesis of magnesium oxide nanoparticles for studying their photocatalytic activities against orange G Dye and biological activities against some bacterial and fungal strains // Journal of Inorganic and Organometallic Polymers and Materials. – 2021. – T. 31. – Pp. 2150–2160.
2. Gavrilović M.R. Impact of the cavitation bubble on a plasma emission following laser ablation in liquid // The European Physical Journal D. – 2017. – T. 71. – Pp. 1–10.
3. Cherepanov P.V., Ashokkumar M., Andreeva D.V. Ultrasound assisted formation of Al–Ni electrocatalyst for hydrogen evolution // Ultrasonics sonochemistry. – 2015. – T. 23. – Pp. 142–147.
4. Makvandi P. et al. Metal-based nanomaterials in biomedical applications: antimicrobial activity and cytotoxicity aspects // Advanced Functional Materials. – 2020. – T. 30. – №. 22. – P. 1910021.

5. Chen Z. et al. Tumor reoxygenation for enhanced combination of radiation therapy and microwave thermal therapy using oxygen generation in situ by CuO nanosuperparticles under microwave irradiation // Theranostics. – 2020. – Т. 10. – №. 10. – P. 4659.
6. Zou K. et al. CuO–ZnO heterojunction derived from Cu^{2+} doped ZIF-8: A new photoelectric material for ultrasensitive PEC immunoassay of CA125 with near-zero background noise // Analytica Chimica Acta. – 2020. – Т. 1099. – Pp. 75–84.
7. Majeed S., Danish M., Muhadi N.F.B.B. Genotoxicity and apoptotic activity of biologically synthesized magnesium oxide nanoparticles against human lung cancer A-549 cell line // Advances in Natural Sciences: Nanoscience and Nanotechnology. – 2018. – Т. 9. – №. 2. – P. 025011.
8. Ulasevich S.A. et al. Oscillating of physicochemical and biological properties of metal particles on their sonochemical treatment // Materials Science and Engineering: C. – 2020. – Т. 109. – P. 110458.
9. Kollath A., Andreeva D.V. Use of high-intensity ultrasound for production of antimicrobial and self-cleaning surfaces // Food preservation. – Academic Press, 2017. – Pp. 229–264.
10. Sabbouh M. et al. Separation of motions and vibrational separation of fractions for biocide brass // Ultrasonics Sonochemistry. – 2021. – Т. 80. – P. 105817.
11. Karlsson H.L. et al. Cell membrane damage and protein interaction induced by copper containing nanoparticles—Importance of the metal release process // Toxicology. – 2013. – Т. 313. – №. 1. – Pp. 59–69.

Прикладная оптика

УДК 535.5

РАЗРАБОТКА МЕТОДА АНАЛИЗА ВОЛНОВОГО ФРОНТА ДЛЯ ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ, СОДЕРЖАЩИХ ИЗОТРОПНЫЕ СРЕДЫ, С УЧЁТОМ ВЛИЯНИЯ ПОЛЯРИЗАЦИИ ПАДАЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Нежевенко С.С. (аспирант, Университет ИТМО), **Кукушкин Д.Е.** (Университет ИТМО)
Научный руководитель: к.т.н., доцент Ежова К.В. (Университет ИТМО)
e-mail: S-nezh@mail.ru

В процессе формирования изображения информация о поляризационной характеристике предмета изменяется в том числе и из-за изменений, вносимых оптическими поверхностями системы. В этой статье представлена верификация результатов изучения и применения объединённого алгоритма Джонса для получения информации о поляризационных аберрациях. Представленный алгоритм может быть использован для анализа систем, чувствительных к изменению состояния поляризации входящего излучения.
Ключевые слова: *поляризация, поляризационные аберрации, метод Джонса, линейный дихроизм, фазовое запаздывание.*

На сегодняшний день нет общепринятого алгоритма, сочетающего расчёт хроматических, монохроматических и поляризационных аберраций в оптических системах. На практике сначала проводятся аберрационные вычисления, а после анализируются поляризационные искажения. Это ведет к неоптимальному выбору конфигурации оптической системы. Комбинация этих практик позволит улучшить качество оптического проектирования.

В зависимости от формы и материала оптический элемент может оказывать различное воздействие на состояние поляризации проходящего поляризованного излучения [1]. В основном на это влияют линейный дихроизм, фазовое запаздывание и деполяризация излучения [2]. Актуальность исследования связана с тем, что более четкое понимание поляризационной чувствительности позволит точнее выбирать форму оптических поверхностей, что приведет к усилению или уменьшению влияния на поляризацию проходящего излучения. Это может найти применение в различных сферах деятельности, где учет состояния поляризации весьма важен: астрономии, научных лабораториях, литографии, промышленности, медицинских исследованиях.

Целью работы является разработка математической модели, описывающей изменение амплитудных, фазовых и поляризационных свойств излучение при отражении и преломлении от заданной оптической поверхности.

Расчёт хода лучей с учетом поляризации – это набор алгоритмов для вычисления эволюции состояния поляризации оптического луча при пересечении оптических поверхностей [3]. Длины оптических путей лучей по-прежнему рассчитываются, но в расчет включаются поляризационные матрицы для отслеживания изменений амплитуды и состояния поляризации. Все изменения состояния поляризации обычно сводятся к следующим поляризационным аберрациям [4]:

- линейный дихроизм – функция чувствительности пропускания амплитуды излучения оптического элемента относительно состояния поляризации этого излучения [1, 5];
- фазовое запаздывание – поляризационно-зависимое изменение разности фаз между двумя состояниями поляризации ортогональных компонент электрического поля волны [1, 6];
- деполяризация – случайное изменение состояния степени поляризации в результате прохождения оптических элементов, постепенно превращающий поляризованный свет в частично поляризованный [1].

При проведении анализа множества отдельных поляризационных элементов представляется возможность вычисления их общего влияния на проходящее или отраженное излучение с использованием принципа суперпозиции [3].

Основным методом проведения расчётов, представленным в данной работе, является трехмерная матричная генерализация формализма Джонса. Алгоритм использует множественные переходы от глобальных к локальным координатам и от локальных к глобальным [2]. Это происходит в связи с тем, что процесс расчёта изменения состояния поляризации на оптической поверхности в локальных координатах хорошо известен, а в глобальной удобнее производить расчёт хода луча между поверхностями. Объединяя данные методы, можно получить матрицу взаимодействия луча с поверхностью в глобальных координатах P [1, 2]:

$$P = O_{out,q} \cdot J_q \cdot O^{-1}{}_{in,q}, \quad (1)$$

где $O_{out,q}, O_{in,q}$ – матрицы перехода от локальных координат к глобальных и наоборот, J_q – расширенная матрица Джонса для преломления или отражения, q – номер оптической поверхности.

После расчёта матрицы P для каждой поверхности, с которой встречается луч, можно путем последовательного перемножения получить матрицу для всей оптической системы, которая вместе с вектором Джонса входного излучения позволяет получить состояние выходящего излучения. Конечно же, таким методом можно восстановить и начальный волновой фронт, проведя обратные вычисления.

Линейный дихроизм D_p поверхности, описываемой матрицей P, находится с помощью математической операции сингулярного разложения этой матрицы, в результате которой формируются две единичные матрицы U и V, а также диагональная матрица D [3]:

$$P = U \cdot D \cdot V^{\dagger} = \begin{pmatrix} \hat{k}_{x,0} & \hat{u}_{x,1} & \hat{u}_{x,2} \\ \hat{k}_{y,0} & \hat{u}_{y,1} & \hat{u}_{y,2} \\ \hat{k}_{z,0} & \hat{u}_{z,1} & \hat{u}_{z,2} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \Lambda_1 & 0 \\ 0 & 0 & \Lambda_2 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \widehat{k^*}_{x,0} & \widehat{k^*}_{y,0} & \widehat{k^*}_{z,0} \\ \widehat{u^*}_{x,1} & \widehat{u^*}_{y,1} & \widehat{u^*}_{z,1} \\ \widehat{u^*}_{x,2} & \widehat{u^*}_{y,2} & \widehat{u^*}_{z,2} \end{pmatrix}. \quad (2)$$

Для определения значения линейного дихроизма необходимо применить следующую формулу [1]:

$$D_p = \frac{{\Lambda_1}^2 - {\Lambda_2}^2}{{\Lambda_1}^2 + {\Lambda_2}^2}. \quad (3)$$

При использовании алгоритма Джонса фазовое запаздывание всегда имеет геометрическую погрешность, вызванную постоянными сменами локальных и глобальных координатных систем. Для оценки таких искажений используются матрицы параллельных переносов K, получаемые из ортогональных матриц переходов:

$$K = O_{out,q} \cdot O_{in,q}^{-1} \cdot P_{total}. \quad (4)$$

Такая матрица с помощью полярного разложения раскладывается на две – единичную, описывающую фазовое запаздывание без погрешности, и Эрмитову [2]:

$$K = K_\delta \cdot K_D. \quad (5)$$

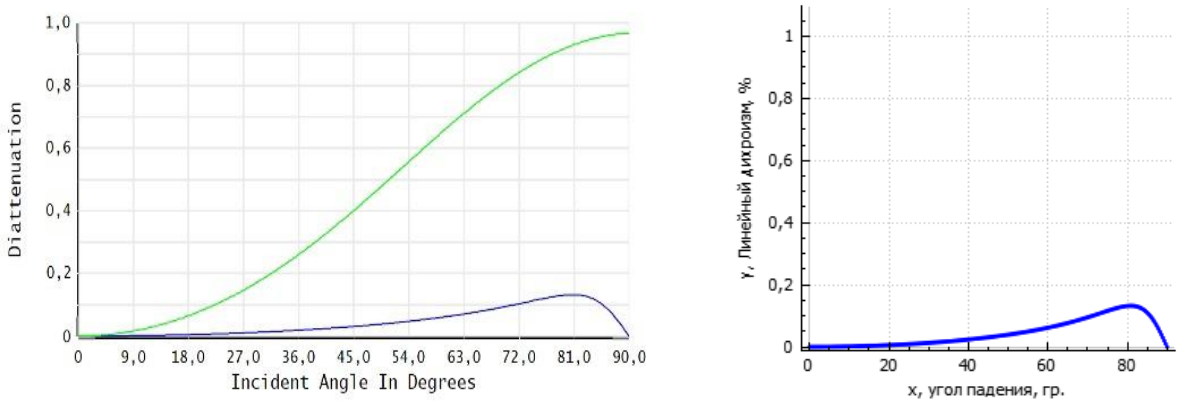
Неискаженное фазовое запаздывание определяется следующим выражением [2]:

$$\delta = arg(\lambda_1) - arg(\lambda_2), \quad (6)$$

где λ_1 и λ_2 – собственные значения матрицы K_δ.

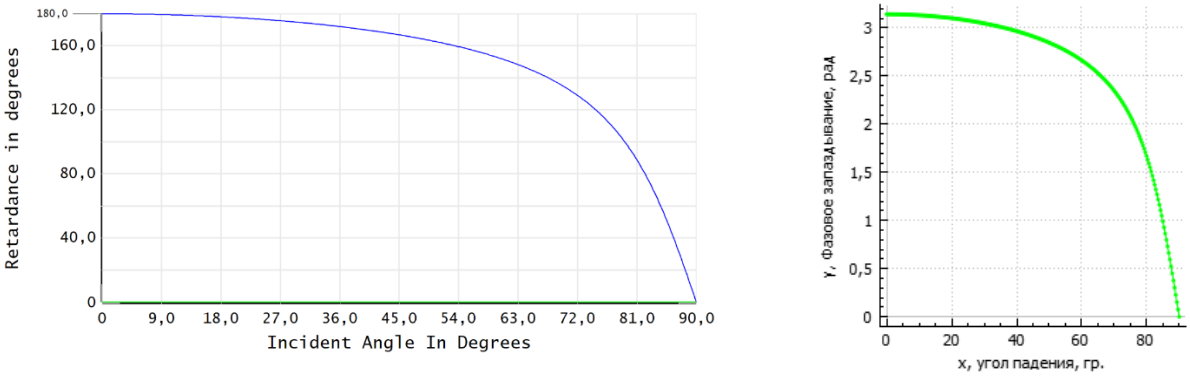
Результаты. Для получения результатов применения вышеописанного алгоритма был проведен эксперимент, симулирующий падение луча на плоскую наклонную поверхность, на которую нанесено алюминиевое оптическое отражающее покрытие толщиной 100 нм, комплексный показатель преломления которого равен (0.930, –6.333) для длины волны излучения 546 нм. Подложкой выступает стекло К8, угол падения выбран в качестве переменной и изменяется в интервале от 0 до 90 градусов (рис. 1 и 2).

Как можно видеть, полученные результаты совпадают с проверенными, что говорит о правильности вычислений и надежности построенной модели.



а б

Рис. 1. Линейный дихроизм при преломлении (зеленый) и отражении (синий) от оптического покрытия: а) взятый из OpticStudio; б) результат, полученный с помощью алгоритма



а б

Рис. 2. Фазовое запаздывание при отражении от оптического покрытия:
а) взятый из OpticStudio; б) результат, полученный с помощью алгоритма

В работе представлен метод использования алгоритма, задачей которого является выполнение расчёта хода лучей с учетом поляризации и исследование вносимых изменений при взаимодействии с оптическими поверхностями. Была продемонстрирована возможность использования формализма Джонса путем перехода из глобальных координат в локальные и обратно. Представлены результаты анализа поляризационных аберраций. Дальнейшее исследование будет заключаться в расширении возможностей алгоритма.

Список использованных источников

1. Kukushkin D.E., Zhukova T.I., Bakholdin A.V. Polarization property analysis of single lenses // Applied Optics. – 2022. –Vol. 61. – №. 17. DOI:10.1364/AO.458439.
2. Chipman R.A. Polarized Light and Optical Systems / Russell A. Chipman, Wai-Sze Tiffany, Lam Garam Young. - CRC Press, Taylor & Francis Group. – 2019. – 982 p.
3. Yun G., Crabtree K., Chipman R.A. Three-dimensional polarization ray-tracing calculus I: definition and diattenuation // Appl. Opt. – 2011. – Vol. 50. – Pp. 2855–2865. DOI: 10.1364/AO.50.002855.
4. Yun G., McClain S.C., Chipman R.A. Three-dimensional polarization ray-tracing calculus II: retardance // Appl. Opt. – 2011. – Vol. 50. – Pp. 2866–2874. DOI: 10.1364/AO.50.002866.
5. Chipman R.A., Lam W.S.T., Breckinridge J. Polarization aberration in astronomical telescopes. // Polarization Science and Remote Sensing VII Article 96130H (Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering; Vol. 9613). SPIE. 2015. https://doi.org/10.1117/12.2188921.
6. Zhang H., Li Y., Yan C., Zhang J. Three-dimensional polarization ray tracing calculus for partially polarized light // Opt Express. – 2017. – Vol. 25. – №. 22. DOI: 10.1364/OE.25.026973.

Техническое зрение

УДК 004.932, 620.18

ИЗУЧЕНИЕ ИНСТРУМЕНТОВ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕФЕКТОВ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Сухов А.С. (студент, Университет ИТМО), **Бавшин Т.Р.** (студент, Университет ИТМО)
Научный руководитель: д.т.н., доцент Хитров Е.Г. (Университет ИТМО)
e-mail: sukhovtema@gmail.com

Работа направлена на получение экспериментальных данных по определению дефектов древесины с использованием сети-трансформера YOLO. Использован открытый набор из 20276 снимков с высоким разрешением, содержащих распространенные дефекты пиломатериалов в виде сучков, трещин, смолы, заболони и др. Показано, что обученная версия YOLOv8m при тестировании показывает результаты, сопоставимые с современным уровнем проработки проблематики определения дефектов (взвешенное значение метрики mAP50 на тестовом наборе данных составило 0,716–0,738).

Ключевые слова: *YOLOv8m, сегментация, классификация, машинное обучение, дефекты древесины*.

Современные модели машинного обучения (Machine Learning, ML) и компьютерного зрения (Computer Vision, CV) находят широкое применение в различных областях науки и техники. С развитием информационных технологий появляются новые программные решения, которые могут использоваться в промышленности, в частности – для автоматизированного определения качества конструкционных или строительных материалов.

Сейчас на рынке наблюдается высокий спрос на материалы из древесины. В условиях необходимости быстрой и качественной застройки важно обеспечить точное определение возможных дефектов. Традиционные методы оценки качества, такие как визуальный анализ специалистом, трудозатратны. Методы, использующие, например, ультразвук, сложны в реализации, причем их эффективность не всегда оправдывает затраченные ресурсы. В этой связи использование технологий CV представляет собой перспективное решение, способное значительно упростить и ускорить контроль качества строительных и конструкционных материалов. Например, авторы [1–4] отмечают эффективность ИНС-трансформера YOLO при сегментации снимков и определении возможных дефектов материалов из дерева. Подобные модели, сложные по объему и структуре, часто поставляются в виде «коробочных» библиотечных решений, принципиально готовых для быстрого внедрения в производственные системы. Однако, для достижения высокой точности и производительности моделей при решении практических задач нужна тщательная настройка и оптимизация гиперпараметров, а это требует понимания их структуры, а также ограничений и возможностей.

Рассмотрим ряд исследований, опубликованных в профильных рецензируемых изданиях за последнее время [1–4]. Результаты получены для сравнительно небольших выборок данных и часто не вполне подробно раскрывают детали проведенных экспериментов. Это создает сложности при попытке воспроизвести и обобщить полученные результаты для более крупных и сложных практических задач. В связи с этим необходимы дальнейшие эксперименты с использованием объемных наборов данных и уточнение методологии экспериментов, что позволит достичь более объективных и воспроизводимых результатов.

Цель работы – апробировать методику эксперимента по определению дефектов древесины с использованием сети-трансформера YOLO на большом наборе данных и проанализировать полученный опыт.

Материалы и методы исследования. Для проведения исследования был использован набор данных, содержащий изображения древесины с различными дефектами [5]. Этот набор включает 20276 аннотированных изображений поверхности пиломатериалов, из которых 18283 изображения содержат один или несколько дефектов, а 1992 изображения дефектов не содержат («чистые» снимки без дефектов помечаются как background). Исходные

изображения представлены в формате BMP с разрешением 2800 x 1024 пикселя. В наборе охвачены несколько типов дефектов, включая живые сучки, мертвые сучки, сучки с трещинами, трещины, смолу, заболонь, выпавшие сучки, гниль и др. Каждое изображение в наборе данных снабжено файлом-аннотацией в виде строк, содержащих записи разметки прямоугольников, ограничивающих области снимка с дефектами, с указанием класса дефекта (при наличии). Все данные были собраны авторами непосредственно на производственной линии обработки древесины. Частотное распределение встречающихся дефектов по классам представлено в таблице 1.

Таблица 1. **Частотное распределение дефектов на снимках набора данных**

Класс дефекта (Class)	Число снимков, содержащих дефект	Число встреченных дефектов на всех снимках
Сучок живой (Live_Knot)	11912	21224
Сучок мертвый (Dead_Knot)	8350	11985
Выпавший сучок (Knot_missing)	478	503
Сучок с трещиной (Knot_with_crack)	1835	2276
Трещина (Crack)	1578	2169
Обзол (Quartzity)	847	1075
Смола (Resin)	2 624	3455
Смоляной ход (Marrow)	1 060	1181
Плесень (Blue_Stain)	77	96
Переспелость (Overgrown)	6	10

Исходные данные датасета были подготовлены для более удобной работы. Разметка ограничивающих прямоугольников была модифицирована с использованием специально разработанного скрипта на языке Python (в исходных версиях аннотаций координаты прямоугольников, ограничивающих дефекты, были представлены в формате: абсолютные положения левой, верхней, нижней и правой границ дефекта на изображении; такой формат не является стандартным для моделей YOLO [6] и для совместимости он был преобразован: координаты центра прямоугольника, его ширина и высота).

Для разделения сета на выборки был использован скрипт на языке Python. В скрипте содержится запись query, ограничивающая число снимков с определенным признаком, попадающих в тестовую либо валидационную выборку (табл. 2).

Таблица 2. **Количество изображений по классам дефектов, использованных для формирования тестовой и валидационной выборок**

Class_id	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
query_val	537	573	34	142	116	69	246	107	8	1
query_test	537	573	34	142	116	69	246	107	8	1

Признаком для отбора в тестовую выборку служила первая строка аннотации снимка. Тестовая выборка содержит по 10% снимков (Images) с первой записью о дефекте (Class) от общего числа изображений, в принципе содержащих данный Class, в сете. Также в выборку включены 10% (200 штук) от «чистых» снимков исходного набора данных. Таким образом, в тестовую выборку вошли как изображения без дефектов, так и с одним либо множественными дефектами, и она представляет собой своего рода «срез» исходного сета.

Для того, чтобы уточнить влияние валидационной выборки на результаты, из оставшихся снимков (temp) параллельно были созданы две пары выборок для обучения и валидации.

В первом случае (эксперимент 1) валидационная выборка val_single собрана по признаку записи о дефекте только из снимков с одной единственной строкой (снимки с единичным дефектом) из temp. Также в нее включено 200 снимков без дефектов. Выборка содержит снимки без дефектов и с единичными дефектами, количество снимков по каждому классу составляет приблизительно 10% от снимков исходного набора, в принципе содержащих данный класс.

Выборка представляет собой, в некотором смысле, «отфильтрованный срез» исходного сета. Оставшиеся изображения образуют тренировочную выборку в первом эксперименте.

Во втором случае (эксперимент 2) валидационная выборка val_mult составлена из temp по тому же принципу, что и тестовая ранее. Для снимков, включая многодефектные, при отборе учитывался только первый дефект в аннотации (остальные изображения также были включены во вторую обучающую выборку). Число снимков при наборе выборки ограничено количеством в записи query.

Таким образом, были подготовлены данные для двух экспериментов; соотношение данных между обучающей, валидационной и тестовой выборками составляло 8:1:1 в обоих случаях.

Основной метрикой для оценки качества распознавания дефектов служила усредненная точность (mean average precision, mAP), также учтены метрики точности (precision, P) и полноты (recall, R), функции потерь при сегментации (box_loss) и классификации дефектов (cls_loss).

В качестве модели для эксперимента использовалась архитектура YOLO версии 8 (YOLOv8), а точнее – предобученная модель YOLOv8m.pt. Программа для эксперимента подготовлена на языке Python. Обучение модели проводилось в течение 100 эпох, epoch = 100, с использованием оптимизатора optimizer = Adam, начальное значение скорости обучения lr0 = 0,00001. Размер изображений imgsz = 640 pcs, а размер батча batch = 16 изображений. Значения остальных гиперпараметров оставлены по умолчанию [6]. Работа с моделью проводилось на стенде с использованием графического процессора (GPU) NVIDIA GeForce RTX 4060 Ti, конфигурация собранного стенда приведена в таблице 3. Процесс обучения модели для одного эксперимента занимал около 11 часов.

Таблица 3. **Программное и аппаратное обеспечение вычислительного стенда**

Название	Характеристика
Центральный процессор	Intel Core i7-12700KF 3,60 GHz
Графический процессор	NVIDIA GeForce RTX 4060 Ti 16 ГБ
Оперативная память	32 ГБ DDR4 3200 МГц
Жесткий диск	1 ТБ SSD NVMe
Материнская плата	ASUS ROG Strix Z590-E
Операционная система	Windows 10 22H2
Версия Python	3.11.7
Версия CUDA	11.1
Версия PyTorch	2.3.1

Результаты исследования. Пример результатов работы обученной модели приведен на рисунке 1. Рисунок демонстрирует работу модели YOLOv8m на примере детекции дефектов на восьми изображениях древесины. Модель успешно обнаружила и классифицировала несколько типов дефектов, включая живые сучки (Live_Knot), мертвые сучки (Dead_Knot), сучки с трещинами (Knot_with_crack), а также следы смолы (Resin) и пр.

На рисунке 2 показаны графики метрики mAP50 при валидации моделей на выборках val_single и val_mult. Ожидаемо, метрика mAP50 выше для валидационной выборки val_single, содержащей «отфильтрованные» с единичными дефектами и снимки без дефектов.

В обоих экспериментах mAP достаточно быстро достигает максимальных значений, при дальнейшем обучении улучшения метрики на валидационных выборках не отмечается. Это обстоятельство можно объяснить балансом классов дефектов, смещенным в сторону дефектов Live_Knot и Dead_Knot, что следует учесть в дальнейшем.

Рассмотрим функции потерь cls_loss и box_loss на рисунках 3 и 4.

При epoch = 90 шаг метода минимизации уменьшается, lr = 0,01*lr0, что можно заметить по графикам функций потерь.

Заметим, что в обоих экспериментах функции потерь на тренировочных выборках последовательно убывают, причем ориентировочно с 20 эпохи характер зависимостей визуально близок к линейному. Ориентировочно с этого же момента отмечаются максимальные значения функций mAP50 при валидации.

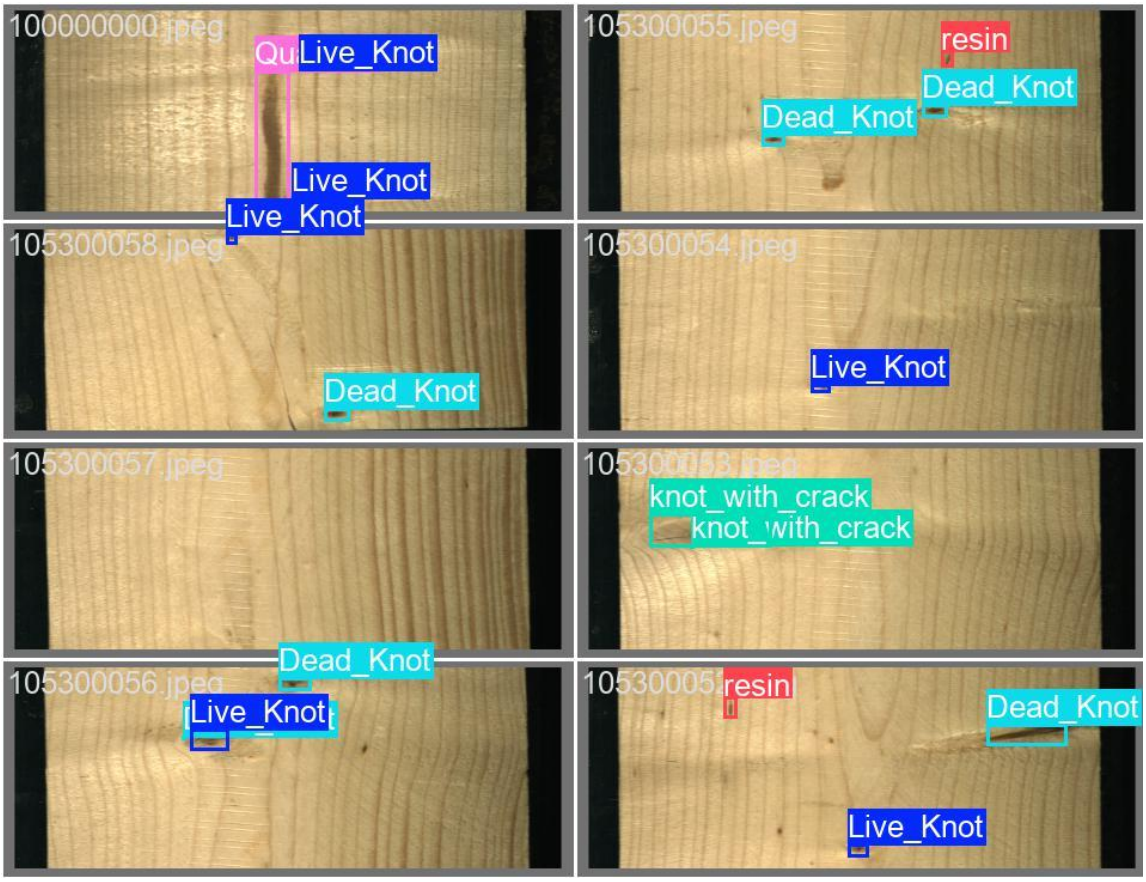


Рис. 1. Пример детекции дефектов древесины с обученной моделью YOLOv8m (обучение с валидацией на выборке val_single)

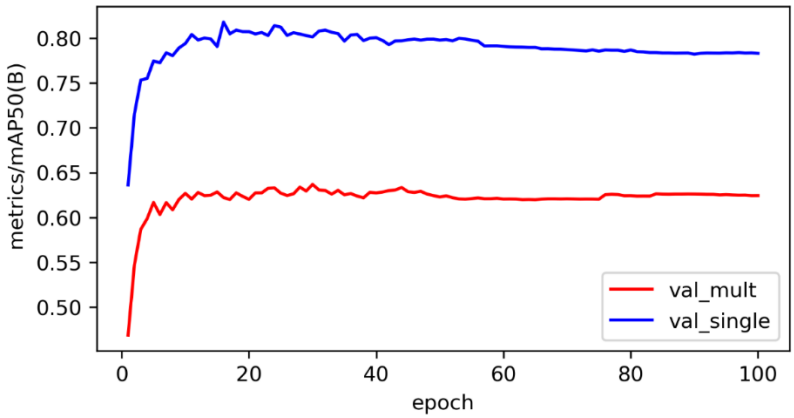


Рис. 2. График метрики mAP на валидационных выборках

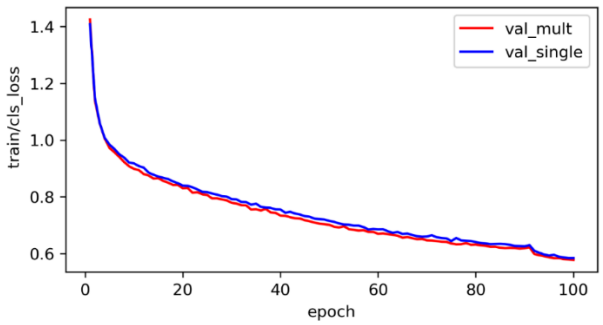


Рис. 3. График потерь классификации по эпохам на обучающих выборках

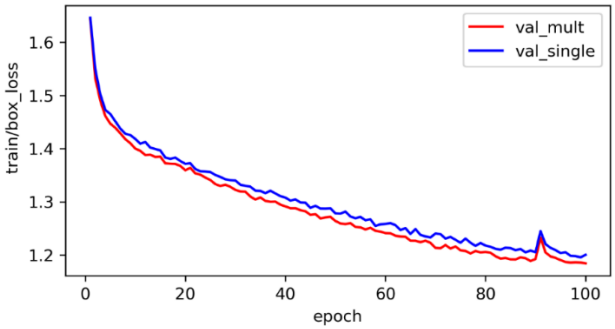


Рис. 4. График потерь сегментации по эпохам на обучающих выборках

С осторожностью можно предположить, что значения cls_loss и box_loss в двух экспериментах близки, но для функции mAP50 для выборки val_single на последних эпохах можно заметить тренд ко снижению (рис. 2). В этой связи вопрос о том, является ли это следствием переобучения модели и об оценке роли гиперпараметра-регуляризатора weight_decay = 0,0005 (принят по умолчанию), отметим в качестве перспективы дальнейших исследований.

Результаты тестирования моделей показали, что при использовании большого набора данных для обучения, «коробочная» модель YOLOv8m.pt достигла показателей mAP, сопоставимых с результатами, полученными для модификаций ИНС в других исследованиях [1–4], обученных на существенно меньших сетах (ориентировочно 4000 снимков). Значения метрик по каждому классу дефектов, полученных при тестировании, представлены в таблице 4 (тестирование моделей выполнено с весами, признанными наилучшими при валидации).

Таблица 4. **Метрики P, R и mAP для классов дефектов в двух выборках**

Класс дефекта	Количество изображений	Количество дефектов	P		R		mAP	
			1	2	1	2	1	2
Сучок живой (Live_Knot)	537	2185	0,782	0,759	0,741	0,719	0,771	0,742
Сучок мертвый (Dead_Knot)	573	1359	0,878	0,876	0,628	0,582	0,816	0,801
Выпавший сучок (Knot_missing)	34	56	0,691	0,785	0,518	0,482	0,586	0,601
Сучок с трещиной (Knot_with_crack)	142	260	0,496	0,433	0,515	0,546	0,453	0,454
Трещина (Crack)	116	248	0,604	0,565	0,577	0,536	0,585	0,570
Обзол (Quartzity)	69	127	0,446	0,424	0,126	0,095	0,186	0,192
Смола (Resin)	246	324	0,736	0,707	0,772	0,759	0,810	0,757
Смоляной ход (Marrow)	107	117	0,628	0,638	0,803	0,786	0,692	0,666
Плесень (Blue_Stain)	8	8	0,433	0,398	0,250	0,250	0,329	0,353
Переспелость (Overgrown)	1	1	0	0	0	0	0	0

На настоящем этапе исследований сложно сделать заключение, оказал ли способ набора валидационной выборки значимое влияние на результаты тестирования моделей. При валидации на первой выборке val_single, включающей только «чистые» изображения и изображения с одним дефектом, взвешенное значение mAP по формуле:

$$\frac{\sum_i I_i \mathrm{mAP50}_i}{\sum_i I_i},$$

где I_i (instances) – число дефектов i-го класса на снимках тестовой выборки, на тестовом наборе данных составило 0,738. Для второй выборки val_mult, сформированной по принципу первой встреченной записи из файла аннотаций, взвешенное значение mAP составило 0,716.

В целом, методика эксперимента с ИНС YOLO и большим набором данных по дефектам древесины [1] прошла, на наш взгляд, успешную апробацию, а результаты открывают нам перспективные направления дальнейших исследований проблематики, актуальной как для промышленности, так и для областей ML и CV. Полученный опыт будет использован в дальнейшей, более детальной, работе.

Заключение. Проведенное исследование показало, что модель YOLOv8m, обученная на большом наборе данных [5], демонстрирует высокие тестовые показатели в задачах детекции дефектов древесины, сопоставимые с модификациями [1–4], обученными на существенно меньших наборах. В частности, взвешенное значение метрики mAP50 на тестовом наборе данных составило 0,738 для модели, обученной с валидацией на выборке с изображениями

одного дефекта. Аналогичный показатель для модели, обученной с валидацией на выборке из изображений с множественными дефектами, составил 0,716.

В дальнейшем, для уточнения исследовательских результатов и улучшения практических показателей работы моделей, потребуются дополнительные эксперименты с другими версиями ИНС YOLO, изменением их гиперпараметров, таких как разрешение снимков, размер батчей, число эпох обучения. Важен баланс классов и соотношение числа снимков в выборках (о чем свидетельствует функция mAP на различных валидационных выборках, рис. 2).

Следует учесть скорость обучения и регуляризатор (на это обстоятельство указывают функции на рисунках 2–4). Предположим, что целесообразно рассмотреть и другие оптимизаторы, такие как SGD или AdamW, которые могут лучше подходить для проблематики исследования, что будет в целом представлять интерес и для прикладной математики.

Эти шаги в дальнейшем позволят более глубоко понять влияние различных гиперпараметров на обучаемость модели, получить ценную [7] исследовательскую информацию о «черном ящике» со сложной структурой [7, 8] и найти оптимальные настройки для конкретной задачи обнаружения дефектов древесины.

Список использованных источников

1. Wang M., Li M., Cui W., Xiang X., Duo H. TSW-YOLO-v8n: Optimization of detection algorithms for surface defects on sawn timber // BioResources. – 2023. – Т. 18. – №. 4. – Pp. 8444–8457.
2. Wang R., Liang F., Wang B., Mou X. ODCA-YOLO: An Omni-Dynamic Convolution Coordinate Attention-Based YOLO for Wood Defect Detection // Forests. – 2023. – Т. 14. – №. 9. – 1885 p. DOI: https://doi.org/10.3390/f14091885.
3. Wang R., Chen Y., Liang F., Wang B., Mou X., Zhang G. BPN-YOLO: A Novel Method for Wood Defect Detection Based on YOLOv7. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://api.semanticscholar.org/CorpusID:270753559 (дата обращения: 10.08.2024).
4. Han S., Jiang X., Wu Z. An Improved YOLOv5 Algorithm for Wood Defect Detection Based on Attention // IEEE Access. – 2023. – Т. 11. – Pp. 71800–71810.
5. Kodytek P., Bodzas A., Bilik P. A large-scale image dataset of wood surface defects for automated vision-based quality control processes // F1000Research. – 2021. – Т. 10. – 581 p. DOI: 10.12688/f1000research.52903.2. PMID: 35903217; PMCID: PMC9277195.
6. YOLOv8 Documentation. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://docs.ultralytics.com (дата обращения: 10.08.2024).
7. Hutter F., Kotthoff L., Vanschoren J. (eds). Automated Machine Learning: Methods, Systems, Challenges. Springer, 2019. DOI: 10.1007/978-3-030-05318-5.
8. Latour B. Science in Action: How to Follow Scientists and Engineers through Society. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1987. – 274 p.

Аналитика больших данных

УДК 659.118

РАСПОЗНАВАНИЕ АУДИОЗАПИСИ С ПОМОЩЬЮ AMAZON TRANSCRIBE

Асқар Ө.Н. (студент, университет «Туран-Астана», Казахстан, г. Астана)
Научный руководитель: Тұймебай Ж.Қ. (университет «Туран-Астана», Казахстан, г. Астана)
e-mail: a.konev@tau-edu.kz

Transcribe — это облачный сервис от Amazon Web Services (AWS), разработанный для автоматического преобразования аудиозаписей в текст. Он использует технологии автоматического распознавания речи (ASR) для точного транскрибирования записей с поддержкой множества языков и сценариев использования, включая медицинские и юридические контексты, а также создание субтитров и анализа звонков.
Ключевые слова: *алгоритмы, Облачные сервисы AWS, Автоматическое распознавание речи (ASR), Распознавание динамиков, Поддержка разных языков, Транскрипция в реальном времени, Amazon Transcribe, AWS Console, MP3, MP4, WAV, FLAC, API, Long Short-Term Memory, Recurrent Neural Networks, Amazon S3, Speaker Diarization, Language Model.*

В современном мире, где информация становится основной валютой, важность автоматизации обработки данных невозможно переоценить. Технология распознавания речи является одним из ярких примеров такой технологии, которая широко применяется в различных областях — от обслуживания клиентов до научных исследований. Одним из самых передовых решений в этой области является Amazon Transcribe — облачный сервис от Amazon, предоставляющий мощные инструменты для транскрибации голосовых записей в текст [1–3].

Одним из главных преимуществ Amazon Transcribe является его доступность и простота использования. Пользователи могут загрузить голосовую запись, выбрать нужный язык и получить текст за считанные минуты. Это экономит массу времени и сил, особенно когда нужно быстро обработать большой объем информации. Например, журналисты могут быстро транскрибировать интервью, а исследователи — записывать лекции и семинары и получать версию текста, которую легко анализировать и систематизировать.

Amazon Transcribe автоматически конвертирует аудио в текст, поддерживает несколько языков, добавляет временные метки и даже может использоваться как текстовый редактор, полезный для фильтрации шума. Он распознает специализированную терминологию, поддерживает потоковое аудио и легко интегрируется с другими сервисами AWS. Экономьте время и ресурсы, используя субтитры, транскрипцию, анализ диалогов и обработку речи в медицинской, юридической, образовательной и других отраслях.

Чтобы начать работу с Amazon Transcribe (AT), вам понадобится учетная запись Amazon Web Services (AWS). Это учетная запись, которая позволяет вам получать доступ к облачным сервисам Amazon Web Services (AWS). После создания учетной записи пользователи получают доступ к различным сервисам AWS, включая вычисления, хранение, базы данных и искусственный интеллект. AWS предлагает более 200 облачных сервисов, включая: вычисления, хранение и пр. AT может работать с аудио- и видеофайлами, которые необходимо преобразовать в текст [4–6].

Amazon Transcribe поддерживает различные форматы, включая MP3, MP4, WAV и FLAC. Для масштабируемости и безопасности необходимо создать учетную запись Amazon Transcribe. Amazon S3 используется для хранения и управления данными в облаке.

Для управления сервисами AWS необходимо использовать консоль AWS и API AWS. AWS Console — это веб-интерфейс, который позволяет вам легко управлять настройками мониторинга и управления ресурсами с помощью графического интерфейса. AWS Console — это веб-интерфейс, который позволяет вам легко управлять настройками мониторинга и управления ресурсами с помощью графического интерфейса. Это программный интерфейс, который позволяет вам управлять сервисами AWS; API подходит для автоматизации задач,

интеграции с другими приложениями и управления большими инфраструктурами. Теперь вам нужно указать такие настройки, как язык аудиофайлов, наличие нескольких говорящих (определяется участниками), настройки временных меток и пользовательские словари. Кроме того, Amazon Transcribe взимает плату за время (0,024 долл. США в минуту), необходимое для обработки аудиофайлов, что сокращает ваши ресурсы и бюджеты вдвое. Amazon Transcribe использует ряд передовых алгоритмов автоматического распознавания речи (ASR) для преобразования речевых файлов в текст. Эти алгоритмы объединяют машинное обучение, глубокие нейронные сети и традиционные методы обработки речи и текста. Одним из них является рекуррентная нейронная сеть (RNN) — тип нейронной сети, предназначенный для обработки различных данных. В отличие от традиционных нейронных сетей, рекуррентные нейронные сети могут хранить предыдущую информацию, что позволяет им обрабатывать данные, которые заботятся о порядке элементов, таких как временные ряды, текст и видео. Одним из типов RNN, используемых в Amazon Transcribe, является LSTM (долговременная кратковременная память), которая помогает лучше запоминать долгосрочные связи в речи, что особенно важно для сложных аудио или длинных предложений.

Для более точной обработки используется алгоритм Acoustic Models. Акустические модели преобразуют аудиосигналы в определенную последовательность звуковых фонем (основные единицы звукового звука). Эти модели используют статические, эмпирические, статистические, аффективные и их частотно-нейронные сетевые методы для более точной, непрерывной и простой интерпретации звука, линий, звуковых и спектральных сигналов, звуковых волн, спектров и их частот.

Алгоритмы акустических моделей обучены распознавать различные акустические паттерны в речи даже при наличии фонового шума или плохой записи, что повышает точность транскрипции. Amazon Transcribe поддерживает множество языков, и алгоритмы Language Model помогают ему в этом. Языковые модели играют важную роль в Amazon Transcribe. Языковые модели помогают предсказывать наиболее вероятный порядок слов на основе контекста. Это особенно полезно для устранения ошибок транскрипции, когда аудиофайлы содержат похожие слова (омофоны). Amazon Transcribe использует крупномасштабные языковые модели (которые могут быть основаны на трансформаторах) для анализа фраз и предложений, а также контекста текста в целом. Amazon Transcribe использует крупномасштабные языковые модели для Amazon Transcribe может различать несколько говорящих на одной аудиозаписи. Эта функция использует алгоритмы кластеризации, которые анализируют голосовые паттерны (тон, тембр, частоту) и различают голосовые данные разных людей и называется **Speaker Diarization (Распознавание динамиков)**. Это особенно полезно для транскрибирования многоголосых разговоров, таких как встречи или интервью, где важно знать, кто говорит в каждый момент времени.

Amazon Transcribe — это мощный и стабильный сервис, который использует передовые алгоритмы машинного обучения, искусственный интеллект и нейросетевые технологии для обработки и преобразования аудио и видео в текстовый текст и медиа-разговоры с высокой точностью. Глубокое обучение, рекуррентные нейронные сети, языковые и акустические модели, а также алгоритмы обработки слов и речи и информации в реальном времени и автоматизированных систем чтения и чтения делают его универсальным инструментом для различных применений от создания виртуальных субтитров до анализа телефонных звонков, писем, посланий и транскрипции сессий и встреч.

Список использованных источников

1. How Amazon Transcribe works. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://docs.aws.amazon.com/transcribe/latest/dg/how-it-works.html (дата обращения: 20.09.2024).
2. Data input and output. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://docs.aws.amazon.com/transcribe/latest/dg/how-input.html (дата обращения: 20.09.2024).
3. Code examples for Amazon Transcribe using AWS SDKs. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://docs.aws.amazon.com/transcribe/latest/dg/service_code_examples.html (дата обращения: 20.09.2024).

4. Partitioning speakers (diarization). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://docs.aws.amazon.com/transcribe/latest/dg/diarization.html (дата обращения: 20.09.2024).
5. Amazon Transcribe. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://allcode.com/amazon-web-services/aws-transcribe (дата обращения: 20.09.2024).
6. Use AMS SSP to provision Amazon Transcribe in your AMS account. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://docs.aws.amazon.com/managedservices/latest/userguide/transcribe.html (дата обращения: 20.09.2024).

УДК 004

AUTO HYBRID META LEARNING WITH GENETIC ENSEMBLE LEARNING FOR INTRUSION DETECTION IN IOT NETWORKS

Ахмад Мохамед Сабер Абдулхамед (аспирант, Университет ИТМО)
Научный руководитель: с.н.с., к.т.н. Гусарова Н.Ф. (Университет ИТМО)
e-mail: msahmad@itmo.ru

In the realm of Internet of Things (IoT) networks, ensuring robust and adaptive security measures is paramount due to the dynamic and heterogeneous nature of connected devices. This paper introduces Auto MeGeen-IDIoT, a state-of-the-art methodology designed to enhance intrusion detection within IoT environments. The proposed system integrates advanced techniques across feature selection, data balancing, and model training to address the unique challenges posed by IoT networks. The GInter-FS (Genetic Intersection Feature Selection) method innovatively combines feature importance scores from multiple ensembles models and refines them using genetic algorithms, capturing hidden relationships between features that traditional methods often miss. To tackle the issue of imbalanced datasets, the Auto SMOTE-ENN (Synthetic Minority Over-sampling Technique and Edited Nearest Neighbors) method is employed for the first time in auto-online learning models, ensuring a balanced and high-quality.

Ключевые слова: *Machine Learning, AI, Cybersecurity, Attacks, Detection, AutoML, Online ML.*

This paper proposes Auto MeGeen-IDIoT, a novel auto hybrid meta-learning model for intrusion detection in IoT networks. It leverages the strengths of both offline and online learning as shown in the figure 1.

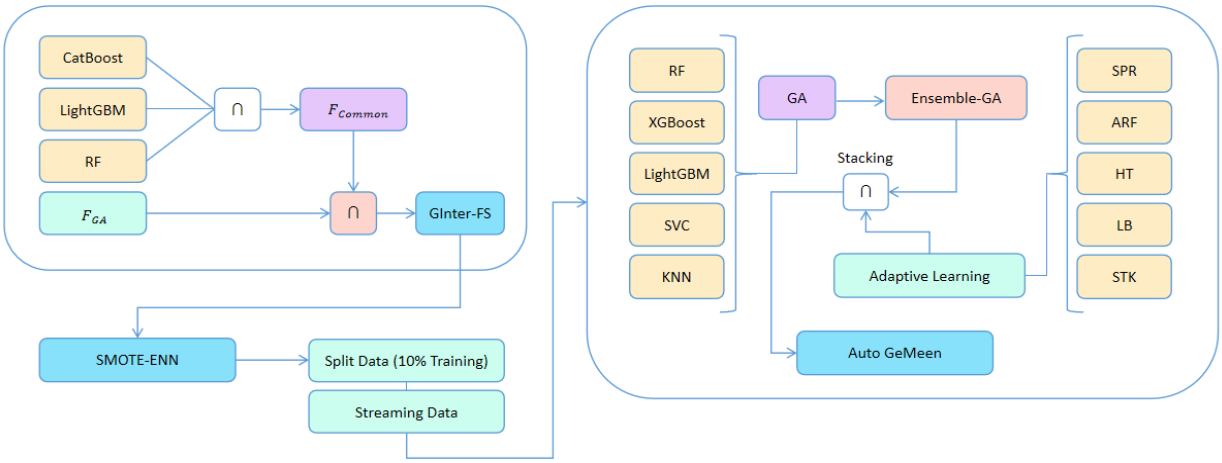


Fig. 1. Auto MeGeen Architecture

The offline component utilizes established machine learning algorithms (XGBoost, Random Forest, LightGBM, SVC, KNN) with hyperparameter tuning via genetic algorithms and subsequent ensemble learning for robust offline performance. The online component employs adaptive learning algorithms (SRP, ARF, LB, STK, HT) to continuously adapt to evolving network traffic patterns. Finally, a stacking approach seamlessly combines the outputs of these two learning components, creating a meta-learning model capable of superior intrusion detection in dynamic IoT environments and achieves 98.9% accuracy .This approach positions Auto MeGeen-IDSIoT as a potential state-of-the-art (SOTA) solution for securing IoT networks [1–4].

State-of-the-Art Methodology

1. **Feature Selection: GInter-FS Method**

A Build novel feature selection method, termed GInter-FS (Genetic Intersection Feature Selection), has been developed to enhance the accuracy and reliability of feature selection by capturing hidden relationships between features that traditional methods may overlook. This advanced methodology operates as follows:

- initial Feature Selection using Ensemble Models: Three powerful machine learning models, CatBoost, LightGBM, and Random Forest, are employed to perform initial feature selection.

Each model evaluates the features and assigns important scores based on their contributions to the model's performance;

- intersection of Selected Features: Features that receive the highest importance scores and are commonly selected by all three models are identified. This intersection ensures that the selected features are robust and consistently relevant across different modeling approaches;
- genetic Algorithm for Feature Refinement: The intersected feature set is further refined using a genetic algorithm. This optimization technique iteratively searches for the optimal subset of features by simulating the process of natural selection, thereby identifying feature combinations that maximize the model's performance.

2. Data Balancing: Auto SMOTE-ENN

For the first time, the SMOTE-ENN (Synthetic Minority Over-sampling Technique and Edited Nearest Neighbors) method is integrated within Auto-Online Learning models to address the stratified imbalance in IoT datasets. SMOTE creates synthetic data points for the minority class, effectively increasing its representation in the IoT dataset. This synthetic oversampling helps balance the class distribution, making the learning process more effective and ENN (Edited Nearest Neighbor) to removes noisy or redundant data points from both the majority and minority classes, improving the overall quality of the data. This editing process ensures that the synthetic samples and the existing data are cleaner, leading to better model performance.

3. Model Training: Auto MeGeen Model

Build novel auto hybrid meta-learning model for intrusion detection in IoT networks. It leverages the strengths of both offline and online learning paradigms. with hyperparameter tuning via genetic algorithms and subsequent ensemble learning and make stacking approach seamlessly combining the offline and online learning models using a meta-learning approach. This stacking technique integrates the predictions of both sets of models, leveraging their combined strengths to produce a highly accurate and adaptive intrusion detection system for IoT environments. By employing these advanced methodologies, the proposed Auto MeGeen-IDIoT system achieves state-of-the-art performance in detecting intrusions within IoT networks, providing robust, scalable, and adaptive security measures.

Mathematical Formulation:

$$\text{Let } D = \{(X, Y)\},$$
$$\mathcal{F}_{\text{common}} = \bigcap_{M \in \{\text{CatBoost,LightGBM,Random Forest}\}} \text{SelectFeatures}(M, X, Y),$$
$$\mathcal{F}_{\text{GA}} = GA(\mathcal{F}_{\text{common}}, D),$$
$$\mathcal{F}_{\text{final}} = \mathcal{F}_{\text{GA}} \cap \mathcal{F}_{\text{common}},$$
$$X_{\text{final}} = X[\mathcal{F}_{\text{final}}],$$
$$D_{\text{balanced}} = \text{SMOTE-ENN}(D),$$
$$\{f_j\}_{j-1}^{5} = \{\text{XGBoost}(X_{\text{final}}, Y), \text{Random Forest}(X_{\text{final}}, Y), \text{LightGBM}(X_{\text{final}}, Y), \text{SVC}($$
$$\Theta^* = GA(\{f_j\}_{j-1}^{5}, D_{\text{balanced}}, \Theta),$$
$$F_{\text{ensemble}}(X_{\text{final}}) = \sum_{j=1}^{5} w_j f_j(X_{\text{final}}; \Theta^*),$$
$$\{g_k\}_{k=1}^{5} = \{\text{SRP}(X_{\text{final}}, Y), \text{ARF}(X_{\text{final}}, Y), \text{LB}(X_{\text{final}}, Y), \text{STK}(X_{\text{final}}, Y), \text{HT}(X_{\text{final}}, Y$$
$$\text{For each time step } t, \quad \{g_k^{(t+1)}\} = \{\text{Adapt}(g_k^{(t)}, \mathcal{D}_t) \text{ for all } k\},$$
$$M_{\text{meta}}(X_{\text{final}}) = h(F_{\text{ensemble}}(X_{\text{final}}), \{g_k(X_{\text{final}})\}_{k=1}^{5}).$$

- **Advanced Feature Selection (GInter-FS):**
  1. Goes beyond traditional methods by capturing hidden relationships between features.
  2. Combines three powerful models (CatBoost, LightGBM, Random Forest) for initial selection.
  3. Uses a genetic algorithm to refine the chosen features for optimal performance.
- **Data Balancing (Auto SMOTE-ENN):**
  1. First-time integration of SMOTE-ENN specifically for imbalanced IoT data.

2. Creates synthetic data for under-represented classes (minority) for better learning.
3. Removes noisy data from both majority and minority classes for cleaner training data.

- **A Novel Hybrid Model Training (Auto MeGeen):**
  1. Combines offline and online learning for adaptability to changing threats.
  2. Optimizes model hyperparameters using a genetic algorithm.
  3. Enhances accuracy through ensemble learning and a stacking approach.

This improved summary highlights the unique aspects of each methodology and its benefits for the Auto MeGeen-IDIoT system [5, 6].

Pseudo Code:

Class/Function	Description
GInterFS	Define the GInter-FS class

	Method for initial feature selection
	`def initialFeatureSelection(self, data):`
	Apply CatBoost, LightGBM, and Random Forest to get feature importance scores
	(Implementation details omitted)
	`selectedFeatures = getIntersection(catBoostScores, lightGBMScores, rfScores)`
	`refinedFeatures = geneticAlgorithmRefinement (selectedFeatures, data)`
	`return refinedFeatures`

SMOTEENN	Define the SMOTEENN class
	Method to balance data `def balanceData(self, data, labels):` Apply SMOTE to oversample minority class Apply ENN to clean the data
AutoMeGeenModel	Define the AutoMeGeenModel class

	Method to train the model
	`def trainModel(self, data, labels):`
	`offlinePredictions = trainOfflineModels(data, labels)`
	`onlinePredictions = trainOnlineModels(data, labels)`
	`finalPredictions = stackPredictions (Offline,Online)`

Main	Main function to execute the methodology

	`def main():`
	`data = loadData()`
	`labels = loadLabels()`
	`featureSelector = GInterFS()`
	`selectedFeatures = featureSelector.initialFS(data)`
	`dataBalancer = SMOTEENN()`
	`dataBalancer.balanceData(data, labels)`
	`model = AutoMeGeenModel()`
	`model.trainModel(data, labels)`

	`if __name__ == "__main__":` `main()`

The burgeoning Internet of Things (IoT) ecosystem has significantly accelerated data generation, demanding efficient processing and analysis for diverse functionalities. While machine learning (ML) holds immense potential for analyzing IoT data, challenges persist in model selection, design/tuning, and updating, requiring substantial data science expertise. Additionally, the dynamic nature of IoT data introduces concept drift, jeopardizing model performance. Automated Machine Learning (AutoML) as shown in the figure 2. It's emerging as a promising solution, automating model

identification, creation, adjustment, and updates for optimal performance. This paper explores and tests AutoML approaches for model building, tuning, and updating in the context of IoT data analytics. We present a case study demonstrating AutoML's application in detecting IoT anomalies, aiming to enhance network and device security [7–10].

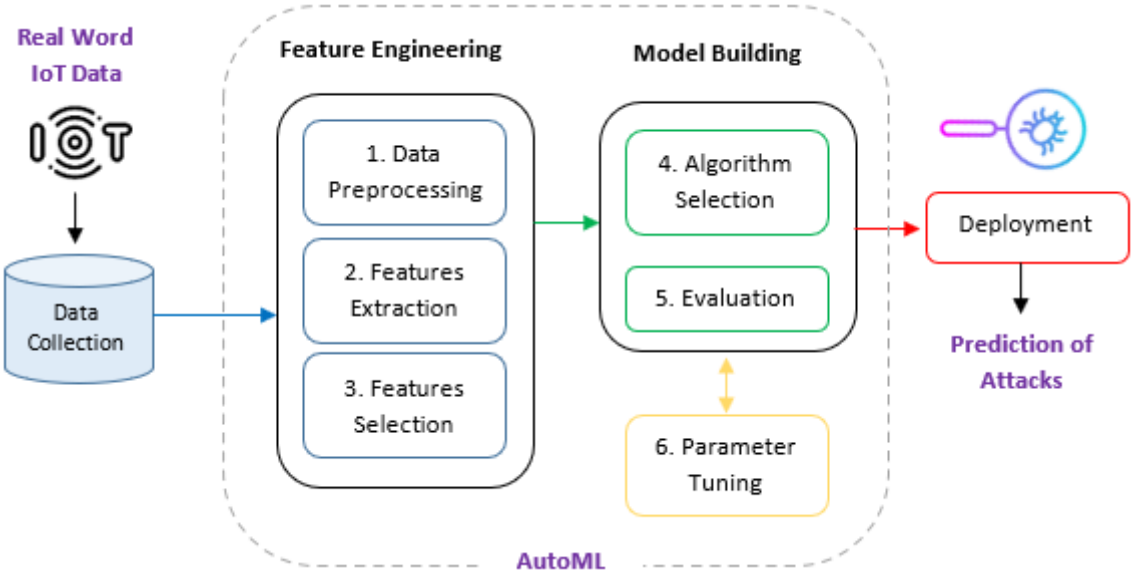


Fig. 2. AutoML Workflow

Introduction

The explosive growth of interconnected devices in the IoT landscape has generated a deluge of data, necessitating robust processing and analysis to unlock its valuable insights. Machine learning (ML) offers a powerful avenue for extracting meaningful patterns from this data, enabling diverse IoT functionalities. However, applying ML models to IoT data analytics presents several hurdles:

- effective model selection: choosing the optimal ML model for a specific IoT task can be complex, requiring intricate knowledge of diverse algorithms and their suitability for different data characteristics;
- design/tuning and updating: manual fine-tuning and updating of ML models demand significant data science expertise, often a scarce resource. Additionally, evolving IoT data patterns necessitate continuous model updates to maintain optimal performance;
- Concept drift: the dynamic nature of IoT data is prone to concept drift, whereby the underlying data distribution changes over time, leading to model performance degradation if not promptly addressed.

Addressing Concept Drift in Dynamic IoT Data

An additional challenge specific to IoT data analytics is concept drift, where the underlying data distribution evolves over time. This phenomenon can cause model performance degradation if not addressed promptly. Effective AutoML solutions for IoT data analytics must incorporate automated model updating and concept drift-adaptive learning techniques to ensure sustained performance on dynamic data streams. Because of the dynamic nature of IoT environments, IoT online data analysis frequently confronts concept drift concerns when data distributions change over time. Concept drift frequently degrades the effectiveness of IoT data analytics models, posing serious risks to IoT services. To cope with idea drift, an effective data analytics model must consistently recognize and respond to detected drifts in order to maintain high forecast accuracy. Concept drift describes conceptual and unanticipated shifts in data streams. The occurrence of idea drift has created substantial hurdles for the construction of ML models. The majority of ML models are created with the assumption that the data is collected in a static context, hence they lack the adaptability to learn streaming data with concept drift. Thus, in a constantly changing environment with concept drift difficulties, ML models' performance may steadily deteriorate. When concept drift occurs, it is

required to modify the current machine learning model in order to maintain or improve model performance. This approach is also known as automated model updating. To maintain good performance in a non-stationary environment, an IoT data analytics model should be automatically updated when concept drift occurs.

Challenges and Research Directions

Table 1**. The challenges and research directions of applying AutoML to IoT data**

Category	Challenge	Brief Description
IoT Data Analytics Challenges	IoT Data Quality	Data quality has a direct effect on data analytics performance. However, IoT data is often collected from different data sources, it is often challenging to ensure data quality
	IoT Data Privacy	The collection process of IoT data streams often faces privacy issues, as they are often from different IoT devices/systems. Federated Learning (FL) techniques can be used to protect data privacy
	IoT Data Analytics Speed	IoT data analytics models often require fast processing speed to achieve real-time processing in IoT systems.
AutoML Challenges	Automated Model dating	The automated model updating process is often ignored in many AutoML systems. This step is important in real-world IoT data analytics applications, as IoT data is often dynamic streaming data
	Data Pre-Processing and Feature Engineering	Most AutoML systems Only focus on automated model selection and HPO procedures. Thus, data preprocessing and feature engineering need more attention, as they also have a significant effect on model performance
	Large Scale AutoML	It is challenging to apply AutoML models on largescale data, such as ImageNet, as the learning models often need to be trained many times to identify the optimal solution
	Explainability	AutoML solutions are often black boxes, so their explainability needs more research.
	Transfer Learning in AutoML	High complexity is a common issue in AutoML Systems. Transfer learning techniques can be used to save model learning time
	Benchmarking and Comparability	A benchmark should be agreed upon by the community for a fair comparison of different AutoML techniques
Concept Drift Challenges	Unsupervised Learning	More research should be conducted on unsupervised or semi-supervised drift detection and adaptation, as most existing methods are developed for supervised learning
	Drift Analysis	A comprehensive analysis should be conducted on the detected drifts, such as the timing and severity of each
	ML Model Integration	Appropriate drift methods should be selected and integrated with specific ML algorithms to develop effective automated drift adaptation functionality
	Accurate Drift Detection	Drift detection methods should be capable of accurately detecting different types of drift (e.g., abrupt and gradual drift

Case Study: Online AutoML in IDS for IoT

This paper presents a case study showcasing the application of AutoML in detecting anomalous events in IoT data. Anomalies often indicate potential security breaches or device malfunctions, making their timely detection crucial for safeguarding IoT networks and devices. We will evaluate different AutoML approaches for building, tuning, and updating anomaly detection models and assess their effectiveness in identifying anomalous patterns within IoT data streams.

Related Work on AutoML for IDS in IoT

This paper builds upon existing research in AutoML and its application to Intrusion Detection Systems (IDS) in the context of the Internet of Things (IoT). Here, we discuss several relevant works and highlight their connection to our approach:

AutoML for IoT IDS:

- AutoML for network intrusion detection: A survey (Zhang et al., 2020) provides a comprehensive overview of AutoML applications in IDS, covering various stages of the pipeline. While this work focuses on the broader context of network intrusion detection, it lays the foundation for understanding AutoML's potential in IoT security;
- a survey of Automated Machine Learning for Network Intrusion Detection (Srinivas et al., 2021) explores challenges and opportunities in using AutoML for IDS, particularly regarding data scarcity, concept drift, and interpretability. These considerations remain relevant within the IoT domain and inform us of our design choices;
- a lightweight ensemble-based anomaly detection method for IoT Networks Using Automatic Machine Learning (Zheng et al., 2020) applies AutoML to build an ensemble model for anomaly detection in IoT networks, focusing on resource-constrained devices. Their emphasis on lightweight models resonates with our considerations for resource efficiency in IoT environments;
- AutoML-IDS: Automated Machine Learning for Anomaly Detection in IoT Networks (Xu et al., 2021) proposes an AutoML pipeline for anomaly detection in IoT networks, highlighting the effectiveness of AutoML in this domain. However, their work primarily focuses on offline learning, while our approach targets online and continuous adaptation;
- deep AutoML for Intrusion Detection in Internet of Things Networks (Yu et al., 2021) utilizes AutoML to identify suitable deep learning architectures for intrusion detection in IoT networks. While exploring deep learning models is beyond our current scope, this work demonstrates the potential of AutoML for selecting optimal architectures in specific contexts.

Key Contributions of This Paper:

1. Comprehensive Framework: This paper proposes a well-defined framework and identifies key tasks for IoT data analytics, offering a structured approach for understanding the domain.
2. State-of-the-Art Techniques: We extensively review existing techniques for various crucial procedures in AutoML pipelines, including data pre-processing, feature engineering, and performance metric selection. This provides a holistic view of current advancements in these areas.
3. Edge and Cloud Deployment: We highlight the benefits of deploying AutoML techniques on both edge and cloud servers, emphasizing their efficiency in handling high-volume and high-velocity IoT data for diverse analytics tasks.
4. Tailored AutoML Methods: We emphasize the importance of analyzing the suitability and performance of different AutoML methods for specific use cases, drawing insights from theoretical analysis and practical experiments. We further acknowledge the unique challenge of concept drift in certain IoT scenarios, highlighting its potential to degrade model performance.
5. Automated Model Updating: We provide a comprehensive review of existing optimization and AutoML methods for automated model selection and hyperparameter tuning. We introduce a novel review of automated model updating, discussing concept drift detection and adaptation methods in detail. To validate our analysis, we conduct a thorough case study by applying AutoML to practical IoT data analytics tasks.
6. Novelty: This paper makes significant contributions to the field by being: One of the first papers to discuss AutoML applications in IoT 2023 data: We differentiate ourselves from previous reviews or survey papers that solely focus on either AutoML techniques or IoT analytics methods. One of the first papers to include automated model updating: We address a gap in existing reviews by incorporating automated model updating, a crucial aspect often ignored due to a focus on batch/static learning.

Automated Machine Learning (AutoML) Pipeline:

Automated Machine Learning (AutoML) aims to mitigate these challenges by automating various aspects of the ML pipeline. It encompasses:

- automating model selection: AutoML leverages various techniques like meta-learning and Bayesian optimization to automatically select the most suitable ML model for a specific task and data set;
- automated hyperparameter tuning: AutoML employs algorithms like grid search, random search, and Bayesian optimization to automatically fine-tune hyperparameters, optimizing model performance;
- automated model updating: AutoML can monitor model performance and automatically trigger updates when concept drift is detected, ensuring sustained performance over time.

Table 2. **The specification of the proposed AutoML pipeline**

Category	Procedure	Method	Aim/Operation
AutoDP	Encoding	Label Encoding	Identify and transform string features into numerical features to make the data more readable by ML models
	Imputation	Mean Imputation	Detect and impute missing values to improve data quality
	Normalization	Z-Score or MinMax Normalization	Normalize the range of features to a similar scale to improve data quality
	Balancing	SMOTE	Generate minority class samples to solve class imbalance and improve data quality
AutoFE	Feature Selection	IG	Remove irrelevant features to improve model efficiency
		Pearson Correlation	Remove redundant features to improve model efficiency and accuracy
Automated Model Learning	Model Selection	NB	Select the best-performing model among five common ML models by evaluating their learning performance
		MLP	
		KNN	
		RF	
		LightGBM	
	Hyperparameter Optimization	BO-TPE	Tune the hyperparameters of the learning models to obtain the optimized models
Automated Model Updating	Adaptive Model Selection	HT	Select the best-performing model among four online adaptive models to adapt to dynamic data streams with concept drift issues for learning performance enhancement
		EFDT	
		ARE	
		SRP	

Experimental Setup

The studies employ a comprehensive AutoML pipeline to address the IoT anomaly detection problem, which includes AutoDP, AutoFE, automated model selection, and HPO methods. Table 6 shows the specifications for each procedure in the AutoML pipeline. AutoDP uses automated encoding, imputation, normalisation, and balancing techniques. The automated encoding technique recognizes and converts string features to numerical features, making the data more intelligible for machine learning models. The automated imputation approach involves finding missing data and imputing them using the mean imputation method. The automated normalisation algorithm selects an appropriate normalization method among the Zscore and min-max normalisation methods based on their performance in anomaly identification.

Because the IoT2023 dataset is severely unbalanced, with an abnormal/normal ratio of 19%/81%, an automatic data balancing mechanism is included in the proposed AutoML pipeline to balance the datasets. The system will determine whether the entering dataset is imbalanced (the abnormal/normal ratio is less than a threshold (e.g., 50%), and if it is, the SMOTE technique will be

automatically implemented to generate additional samples for the minority class in order to balance the data. In addition, from SMOTE, other data balancing methods include Random Under-Sampling (RUS) and Random Over-Sampling (ROS). SMOTE is chosen above other data balancing methods in the proposed AutoML framework for the following reasons. 1. Unlike RUS, which may lose vital information by removing majority class samples through an under-sampling strategy, SMOTE is an over-sampling method that creates new samples for the minority class to balance data without deleting any current samples. 2. Unlike other over-sampling approaches, such as ROS, which simply replicates instances, SMOTE use KNN to generate high-quality fresh samples as shown in the figure 3.

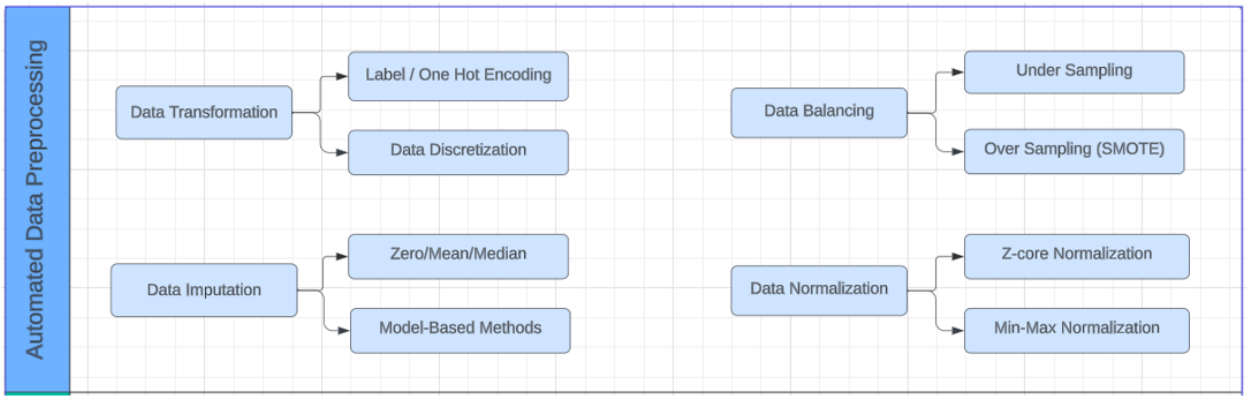


Fig. 3. Automated Data Preprocessing Workflow

Human-in-the-Loop (HITL) for Tailored Expertise

Human-in-the-Loop (HITL) approaches leverage the combined power of human and machine intelligence for ML model development. By strategically integrating human expertise into the ML pipeline. While certain ML procedures still require HITL, the majority of routine tasks can be automated by AutoML, freeing up human experts to focus on strategic decision-making and creative problem-solving within the ML pipeline. This collaborative approach maximizes the combined strengths of human and machine intelligence, leading to more efficient and effective data analytics outcomes (fig. 4).

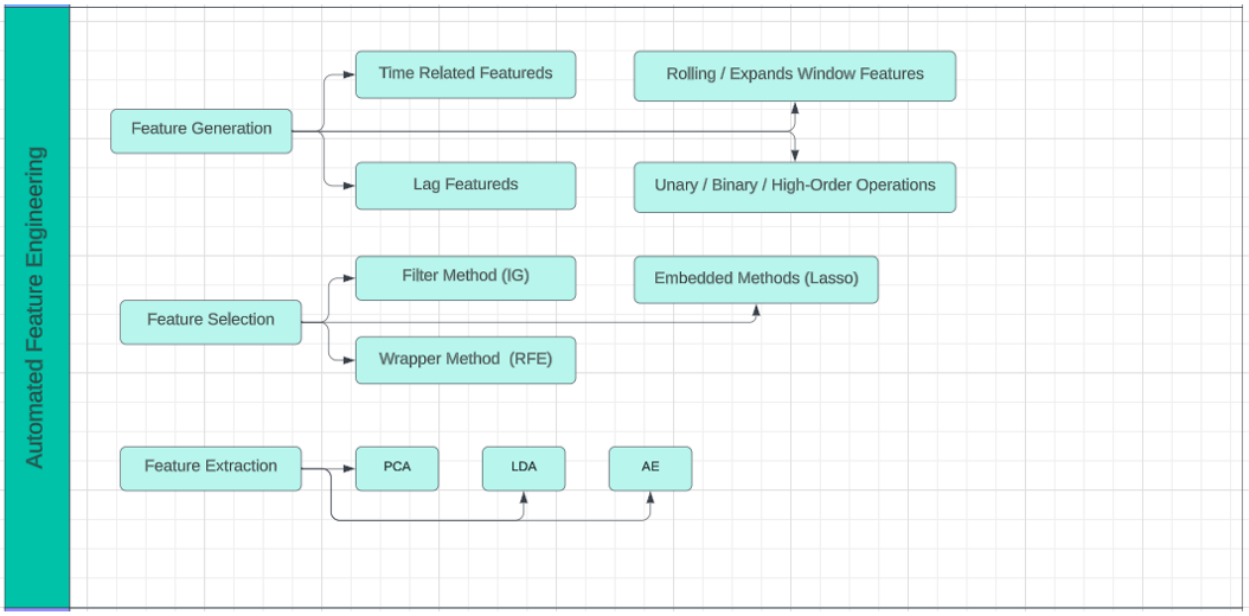


Fig. 4. Automated Feature Engineering Workflow

Combined Algorithm Selection and Hyperparameter Tuning

A crucial component of AutoML pipelines is Combined Algorithm Selection and Hyperparameter tuning (CASH). This process is fundamental because the selection of suitable ML

algorithms and their hyperparameter configurations significantly impacts the performance of the learning model. While AutoML can automate CASH effectively, other aspects of the data analysis pipeline, such as data pre-processing and feature engineering, still require human input due to their inherent complexity and dependence on domain knowledge.

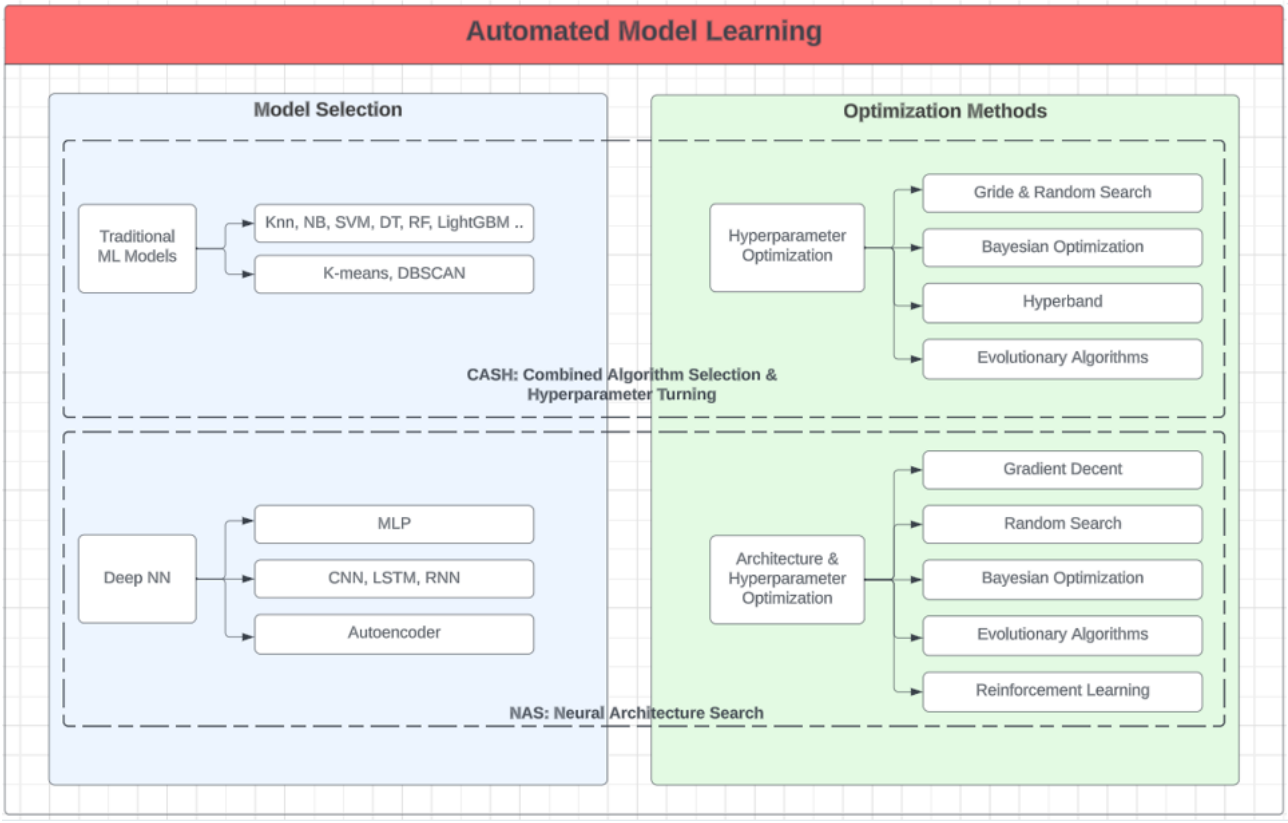


Fig. 5. Model Selection and Optimization Methods in AutoML

Result Batch (Offline/Static) AutoML

Batch learning methods analyze static data in batches and often need access to the entire dataset prior to model training. Traditional ML algorithms can effectively solve batch learning tasks. Although batch learning models often achieve high performance due to their ability to learn diverse data patterns, it is often difficult to update these models once created. Therefore, batch learning faces two significant challenges: model degradation and data unavailability.

Table 3. **CIC-IoT 2023 AutoML Batch Learning**

	Accuracy	Precision	Recall	F1-Score
GaussianNB	49.651%	4.154%	100.0%	7.976%
KNeighborsClassifier	98.785%	64.61%	98.03%	77.886%
RandomForestClassifier	99.484%	82.42%	97.044%	89.14%
LGBMClassifier	**99.54%**	83.68%	98.52%	90.498%
ANN	98.581%	60.661%	99.507%	75.373%
LGBMClassifier	99.54%			
LGBMClassifier	**99.57%**	84.1%	99.015%	90.95%

After hyperparameter optimization, Bayesian Optimization with Tree Parzen Estimator (BO-TPE) – Hyperopt. CASH is the process of combining the two AutoML procedures: model selection and hyperparameter optimization - PSO: Particle Swarm Optimization (Table 3).

Result Online AutoML

Online learning techniques are able to train models using continuously incoming online data streams in dynamic environments. By learning a single data sample at a time, online learning models can reduce memory requirements for data storage and learn new data patterns. Additionally, online learning models can often achieve real-time processing and address concept drift issues. Thus, when applied to dynamic data streams or when inadequate data is available, online learning is often more effective than batch learning.

Table 4. **CIC-IoT 2023 AutoML Batch Learning**

	Accuracy	Precision	Recall	F1-Score
LGBMClassifier	98.727%	69.4%	81.11%	74%
Hoeffding Tree (HT)	97.53%	48.5%	85.55%	61.91%
Leveraging Bagging (LB)	98.51%	67.39%	71.20%	69.24%
Adaptive Random Forest (ARF)	99.138%	81.827%	81.296%	81.56%
Streaming Random Patches (SRP)	98.95%	78.51%	76.11%	77.29%
Voting Stacking Classifier (STK)	98.395%	68.92%	57.49%	62.69%

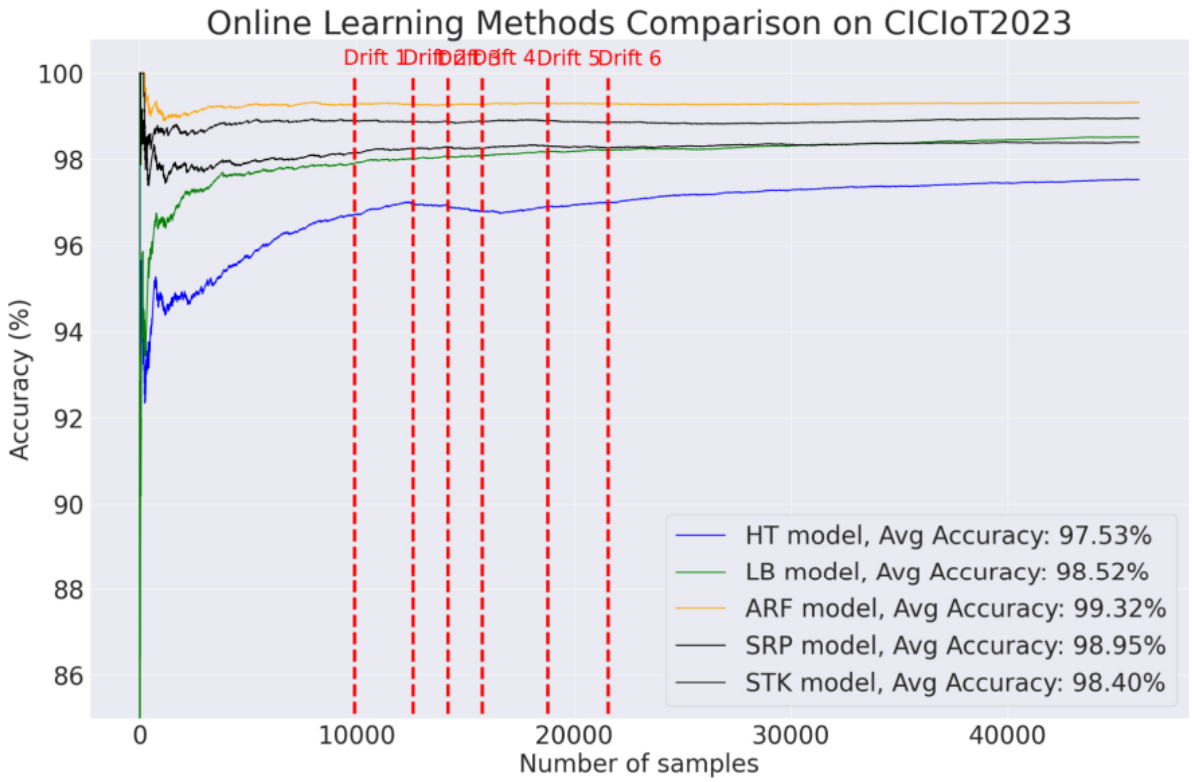


Fig. 6. Draw a comprehensive figure to compare the performance of all online models

After hyperparameter optimization, the accuracy of ARF has been improved from 99.138% to 99.32%.

Conclusion

Machine Learning (ML) and Deep Learning (DL) algorithms have proven extremely effective in data processing tasks for IoT applications such as intelligent transportation systems, smart homes, e-health, and IoT security. However, creating good machine learning models for specific IoT tasks necessitates a high level of human skill, limiting their usefulness. Thus, Automated Machine Learning (AutoML) has emerged as a promising approach for developing machine learning models with no or limited human intervention. In this study, we go over common AutoML pipeline processes such as

automated data preprocessing, automated feature engineering, automated model selection, hyperparameter optimization (HPO), and automated model updating with concept drift adaptation. This paper uses an IoT anomaly detection case study to demonstrate the techniques for AutoML applications. Experimental results show that employing AutoML frameworks in IoT data analysis challenges is beneficial. Although this article presents a thorough overview and case study of applying AutoML technology to IoT data analytics, time and resource constraints necessitate the development of a more comprehensive and equitable standard for AutoML technologies for the community in the future. Furthermore, there is still a lot of potential for improvement in automating data preparation and feature engineering, hence additional automation approaches should be presented to better automate these two machine learning procedures. In the future, we will investigate the application of AutoML in other areas, such as sentiment analysis, and conduct research on additional methodologies to further increase the performance of IoT data analytics, such as distributed ML.

Reference

1. Chowdhury A., Karmakar G., Kamruzzaman J., Jolfaei A., Das R. Attacks on self driving cars and their countermeasures: A survey // IEEE Access. – 2020. – Vol. 8. – Pp. 207, 308–207, 342.
2. Dini P., Saponara S. Analysis, design, and comparison of machinelearning techniques for networking intrusion detection // Designs. – 2021. – Vol. 5. – №. 1. – P. 9.
3. Saranya T., Sridevi S., Deisy C., Chung T.D., Khan M.A. Performance analysis of machine learning algorithms in intrusion detection system: a review // Procedia Computer Science. – 2020. – Vol. 171. – Pp. 1251–1260.
4. Aswal K., Dobhal D.C., Pathak H. Comparative analysis of machine learning algorithms for identification of bot attack on the internet of vehicles (iov) // 2020 International Conference on Inventive Computation Technologies (ICICT). IEEE. –2020. – Pp. 312–317.
5. Halbouni A., Gunawan T.S., Habaebi M.H., Halbouni M., Kartiwi M., Ahmad R. Cnn-lstm: Hybrid deep neural network for network intrusion detection system // IEEE Access. – 2022. DOI: 10.1109/ACCESS.2022.3206425.
6. Abdulhammed R., Faezipour M., Musafer H., Abuzneid A. Efficient network intrusion detection using pca-based dimensionality reduction of features // 2019 International. Symposium on Networks, Computers and Communications (ISNCC). IEEE. – 2019. – Pp. 1–6.
7. Khan M. Hcrnnids: hybrid convolutional recurrent neural networkbased network intrusion detection system // processes. – 2021. – №. 9 (5). – P. 834.
8. Seth S., Chahal K.K., Singh G. A novel ensemble framework for an intelligent intrusion detection system // IEEE Access. – 2021. – Vol. 9. DOI: 10.1109/ACCESS.2021.3116219.
9. Liang X., Jiang A., Li T., Xue Y., Wang G. Lr-smote an improved unbalanced data set oversampling based on k-means and svm // Knowledge-Based Systems. – 2020. – Vol. 196. – P. 105845.
10. Javeed D., Gao T., and Khan M.T. Sdn-enabled hybrid dl-driven framework for the detection of emerging cyber threats in iot // Electronics. – 2021. – Vol. 10. – №. 8. – P. 918.

УДК 621.391

МЕТОД ОБРАБОТКИ СЕНСОРНЫХ ДАННЫХ С УЧЕТОМ СЕМАНТИЧЕСКОЙ ИНТЕРОПЕРАБЕЛЬНОСТИ

Батыршина Я.А. (аспирант, ПГУТИ)
Научный руководитель: д.т.н., доцент Гребешков А.Ю. (ПГУТИ)
e-mail: yana.borovskaya.98@mail.ru

В работе предложен метод обработки сенсорных данных на основе онтологического подхода, учитывающий семантическую интероперабельность данных. Предложенный метод направлен на уменьшение ошибок контекстуальной интерпретации сенсорных данных прежде всего в части единиц величин и обеспечения единства описания измерений в предметной области Интернета Вещей, что повышает эффективность управления обработкой сенсорной информации.
Ключевые слова: *сенсорные данные, Интернет Вещей, семантическая интероперабельность, онтология, машинное обучение.*

Применение Интернета вещей (Internet of Things, IoT) (рис. 1) позволяет обеспечить машинную обработку данных для восприятия информации и принятия решений системами искусственного интеллекта с учетом контекста или смысла больших данных. Все процедуры здесь происходят с минимальным вмешательством или без вмешательства человека, в реальном времени или в масштабе времени, близком к реальному. Цели процесса сбора и анализа сенсорных данных могут быть различными, но основной целью можно считать повышение обоснованности и объективности принятия решений в различных сферах деятельности. В промышленности в рамках совместного использования сенсорных данных, полученных от разнородных сенсоров и платформ промышленного Интернета Вещей (Industrial Internet of Things, IIoT) возникает задача обеспечения семантической интероперабельности путем обеспечения единства интерпретации измеряемых сенсорами и датчиками величин со стороны использующих эти данные (под)системами IIoT в контексте различных методов и инструментов контроля объектов и процессов (производственный контроль, экологический контроль, энергетический контроль, санитарный контроль). Под семантической интероперабельностью, согласно монографии [1], понимается способность взаимодействующих систем одинаковым образом интерпретировать смысл информации, которой они обмениваются.

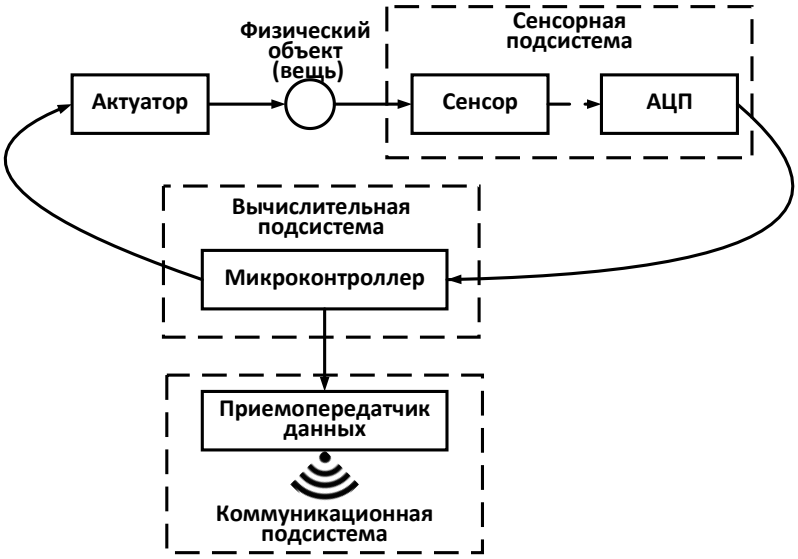


Рис. 1. Схема подсистем сбора и обработки данных Интернета вещей

На рисунке 1 аналогово-цифровой преобразователь (АЦП) необходим для преобразования показаний сенсоров (датчиков) в дискретную форму для обработки вычислительной подсистемой. В области IIoT существуют решения по обеспечению

интероперабельности сенсорных данных, но эффективное их применение ограничено отсутствием решения, интегрирующего как семантические технологии [2], так и способы контекстуального упорядочивания и нормализации исходной информации. Использование предлагаемого метода позволяет перейти к обеспечению совместимости, основанному на знаниях, что сможет повысить как качество управления экосистемой IIoT, так и обеспечить оперативность принятия решений в рамках работы отдельных цифровых производств. Данное исследование продолжает и развивает ранее опубликованные работы авторов [3, 4].

В рамках обеспечения эффективной работы цифрового производства предлагается реализовать подход [5], заключающийся в уменьшении количества ошибок интерпретации сенсорных данных путем сопоставления и принятия решения о мере сходства описания параметров объекта измерения и терминов для описания измеряемых величин с одной стороны и единиц измерения величин с другой стороны. Для этого предлагается использовать схему общего вида системы обеспечения семантической совместимости сенсоров и систем IIoT на рисунке 2. Эта система физически существует в виде компьютерной программы и средств вычислительной техники. Система обеспечивает единство измерений в контексте применения сенсоров и платформ IIoT в условиях замены, модернизации сенсоров, прежде всего перехода на новые системы обработки данных в промышленности в результате импортозамещения.

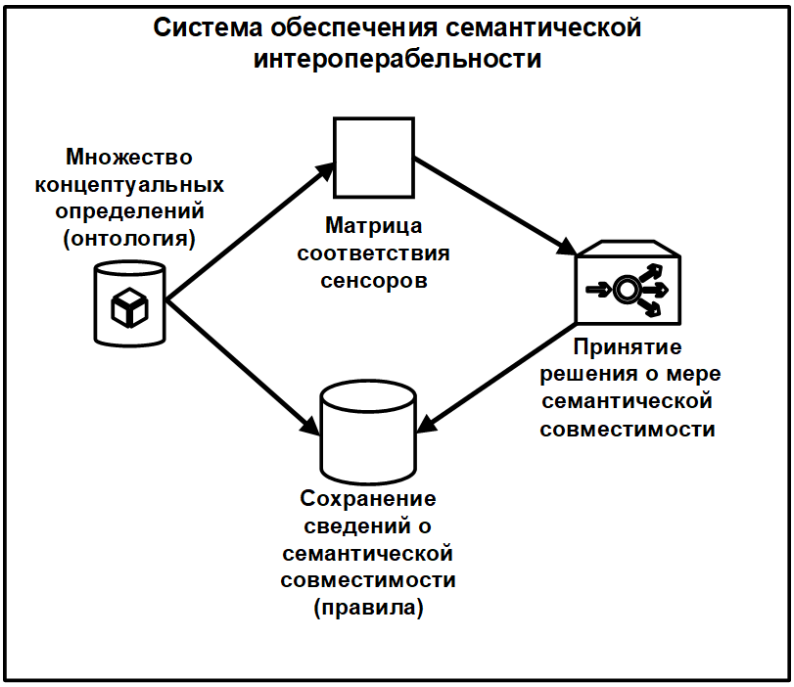


Рис. 2. Схема системы обеспечения семантической совместимости сенсоров и систем IIoT

На схеме компонент «Множество концептуальных определений» содержит в машиночитаемой форме разработанное лицом, принимающим решение или экспертом одно множество концептуальных определений для сенсоров в составе устройств интернета вещей в виде совокупности понятий, описывающих измеряемые величины вместе с единицами измерения величин, соответствующих измеряемым величинам и характеристики сенсоров. Компонент «Матрица соответствия сенсоров» содержит сведения о соответствие описания измеряемых величин и наименований типов сенсоров. Компонент «Принятие решения о мере семантической совместимости» содержит соответствующий алгоритм для реализации процедуры интерпретации полученных сведений известным заранее методом для оценки меры сходства параметров объекта измерения и понятий для описания измеряемых величин и характеристик сенсоров. Здесь автоматически формируется вывод о мере сходства параметров объекта измерений и понятий, описывающих измеряемые величины, а также характеристик сенсоров, используемых для измерений.

Компонент «Сохранение сведений о семантической совместимости» предназначен для сохранения в машиночитаемой форме в виде записей совокупности понятий, описывающих измеряемые величины и характеристики сенсоров вместе с параметрами объекта измерения и с указанием значения оценки сходства, определяемой выбранным заранее методом, с добавлением обозначения объекта измерения, в отношении которого поступил запрос от системы IIoT.

На рисунке 3 показана разработанная в рамках предлагаемого метода диаграмма последовательности обмена информационными сообщениями между сенсорами, системой промышленного интернета и системой обеспечения семантической совместимости, причём в процессе обмена «Датчик (Сенсор)» рассматривается как источник информации в составе компонента «Устройства IoT», и датчик может использовать устройство IoT для передачи в машиночитаемой форме запрос 1 на рисунке 3, которое интерпретируется системой обеспечения семантической совместимости таким образом, чтобы описание характеристик сенсоров соответствовало «Множеству концептуальных определений», а тип сенсора автоматически либо с помощью эксперта добавляется в машиночитаемой форме в матрицу соответствия сенсоров. В итоге, при появлении новых типов сенсоров, при их ремонте и замене контекст и единство измерений сохраняется.

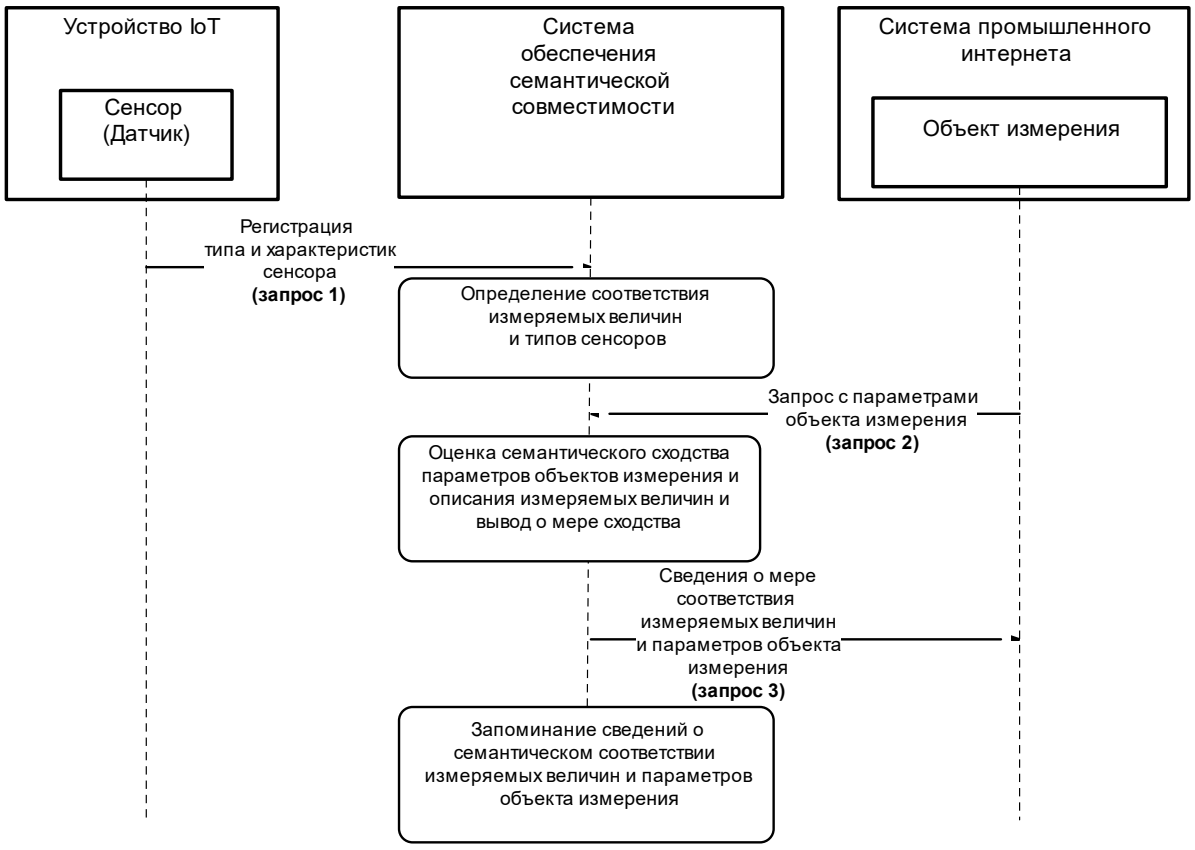


Рис. 3. Диаграмма последовательности обмена информационными сообщениями между сенсорами, системой промышленного интернета и системой обеспечения семантической совместимости

Состояние «Определение соответствия измеряемых величин и типов сенсоров» наступает в результате обработки запроса 1 путем соотнесения онтологии единиц измерения и типов сенсоров. Система промышленного интернета рассматривается как источник запроса 2 о параметрах и обозначении объекта измерения, причём объект измерения рассматривается как информационный объект, моделирующий с известной степенью точности характеристики физического объекта материального мира. Система промышленного интернета автоматически или с помощью человека (эксперта) формирует и направляет в сторону системы обеспечения

семантической совместимости запрос 2 со сведениями в машиночитаемой форме с описанием параметров объекта измерения и с обозначением объекта измерения. В результате обработки этого запроса система промышленного интернета должна получить сведения о допустимых типах сенсоров или датчиков.

Получив запрос 2, система обеспечения семантической совместимости автоматически делает вывод о мере сходства описания измеряемых величин и параметров объекта измерения, наличия зарегистрированных типов сенсоров, после чего автоматически формируется ответное сообщение для передачи сведений (Сообщения 1, 2, …N) в сторону системы промышленного интернета. Система обеспечения семантической совместимости далее переходит в состояние запоминания сведений о семантическом соответствии измеряемых величин и параметров объекта измерения.

В результате применения предлагаемого метода обеспечивается высокий уровень интероперабельности при измерении параметров объекта измерения с помощью различных типов сенсоров. Такая ситуация может наступить, к примеру, в результате замены устаревших или отказавших сенсоров на новые типы, перехода на новые системы, применения многофункциональных сенсоров.

В рамках повышения уровня интероперабельности при обработке сенсорных данных предложен метод обеспечения интероперабельности. Разработанное решение может стать основой для разработки IT-сервиса интегрированного управления цифровым производством, который позволяет производителю сформировать единую точку зрения на результаты измерений, выполненные разнородными и разнотипными датчиками.

Список использованных источников

1. Макаренко С.И. Интероперабельность организационно-технических систем: монография. – СПб.: Наукоемкие технологии, 2024. – 313 с.
2. Выхованец В.С. Понятийный анализ и понятийное моделирование // Управление большими системами. – 2021. – Вып. 92. – С. 64–109.
3. Боровская Я.А., Гребешков А.Ю. Обеспечение совместимости сенсорных систем и платформ промышленного интернета вещей // Инфокоммуникационные технологии. – 2022. – Т. 20. – № 2 (78). – С. 21–28.
4. Боровская Я.А., Гребешков А.Ю. Задача анализа интероперабельности платформ промышленного интернета и сенсорных систем на базе онтологического подхода // VII Международная конференция и молодежная школа: Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева. –2021. – С. 031052.
5. Пат. 2819568 Российская Федерация, МПК G06F 1/32, G06N 5/02, G16Y 30/00 G16Y 40/00. Способ обнаружения обучающих данных для машинного обучения компьютерной системы промышленного интернета вещей с питанием от перезаряжаемой батареи / Гребешков А.Ю., Батыршина Я.А.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО ПГУТИ. – № 2023129584; заявл. 15.11.2023; опубл. 21.05.2024, Бюл. №15. – 29 с.

УДК 004.056

ФОРМАЛЬНЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОРОГА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ПРИ ВЫЯВЛЕНИИ АНОМАЛИЙ В СИСТЕМАХ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ

Бучаев А.Я. (аспирант, Университет ИТМО)
Научный руководитель: к.т.н., доцент Попов И.Ю. (Университет ИТМО)
e-mail: abdulhamid0055@yandex.ru

В процессе декомпозиции результата механизма принятия решений в системах, включающих элементы искусственного интеллекта, важными аспектами являются интерпретируемость результатов и возможность представления ключевых зависимостей в формальном и доказуемом виде. Современные нейросетевые системы состоят из множества последовательных или параллельных модулей обработки данных, а входящие в состав нейросетевые модели содержат от миллионов до миллиардов нейронов, обрабатывающих входные и промежуточные данные. В таких условиях задача оценки достоверности полученных результатов сильно осложняется, а извлечение информативных формальных зависимостей, отражающих поведение моделей и причинно-следственные связи входных и выходных данных, выполняется только в частных случаях и с больших финансовыми затратами. Сложность данного процесса также обусловлена наличием составных частей анализируемых информационных систем. Целью работы является разработка формального метода автоматического определения порога принятия решения в задачах сегментации и выявления аномалий в многомерных пространствах событий информационной системы. Предметом исследования являются методы автоматической сегментации многомерных данных в системах принятия решения. Научная новизна результатов определяется адаптацией формальных методов определения порога принятия решения, введением и подтверждением гипотезы о влиянии статистических характеристик на строгость порога принятия решения и интеграцией полученного механизма в систему обработки изображений.

Ключевые слова: *Кибербезопасность, определение порога аномальности, вектор признаков, события информационной безопасности, статистическая устойчивость, обработка изображений, механизм принятия решений.*

Для получения наиболее информативных и корректных в рамках выполняемых задач результатов оценки достоверности модулей принятия решения необходимо использовать формальные и объективные методы расчета, обработки данных и принятия решения. Степень декомпозиции и возможность качественной интерпретации результатов влияют на конечное восприятие и уровень доверия пользователя в отношении используемой системы.

Методы определения порога принятия решения разделяются на две большие группы: формальные и эвристические, в рамках данной работы необходимым требованием является автономность модуля принятия решения, то есть рассматривается полностью автоматическое решение. Исходя из этого, интересующей группой являются формальные методы определения порога, которые подразделяются на:

1. Статистические методы на основе Монте-Карло, которые учитывают ретроспективную статистику событий информационной системы (ИС). Такие методы являются статичными и требуют периодичного обновления информации для соответствия актуальным состояниям элементов ИС [1, 2].
2. Методы с применением теории игр используют экспертную аналитику для оценки влияния тех или иных факторов на отклик целевой функции. В дальнейшем полученные оценки входят в основу математической модели [3, 4].
3. Методы математического программирования (методы оптимизации) применяются, когда задача механизма принятия решения описывается, например, системой линейных уравнений, решаемых методами линейного программирования. В случаях, когда зависимости механизма принятия решения не сводятся к линейным, применяют методы нелинейного программирования, которые в общем случае решают задачу поиска локальных оптимумов.

В работе предлагается формальный метод автоматического определения порога принятия решения в процессе выявления аномалий в многомерном пространстве событий информационной системы.

Научно-методический аппарат

Задачу разделения совокупности элементов на типичные и нетипичные (аномальные) элементы можно рассматривать как задачу разделения совокупности элементов на несколько групп, то есть поиск границ или порогов разделения совокупности. В таком случае, имея минимум два класса – типичные и нетипичные элементы, можно использовать метод бинаризации Оцу [5], который основан на принципе минимизации внутриклассовой дисперсии, влекущей максимизацию межклассовой дисперсии. Данный метод имеет вычислительную сложность O(n), где n – число возможных значений. Изначально метод использовался для бинаризации изображений градаций серого, однако Авторы работы [6] представили метод разделения совокупности элементов на множество классов по тому же принципу максимизации межклассовой дисперсии Оцу. Рассмотренные методы сегментации изображений применимы и в другой области определения – вещественных числах. Главным компонентом при использовании методов разделения выборки на классы на основе подхода Оцу является гистограмма значений, в рассматриваемом случае будет использоваться гистограмма плотности распределения значений показателя отклонения дисперсии.

В качестве исходного пространства событий будет использоваться изображение (рис. 1, а), обработка которого в рамках задачи выявления нетипичных объектов выполняется в соответствии с предыдущей научной работой [7].

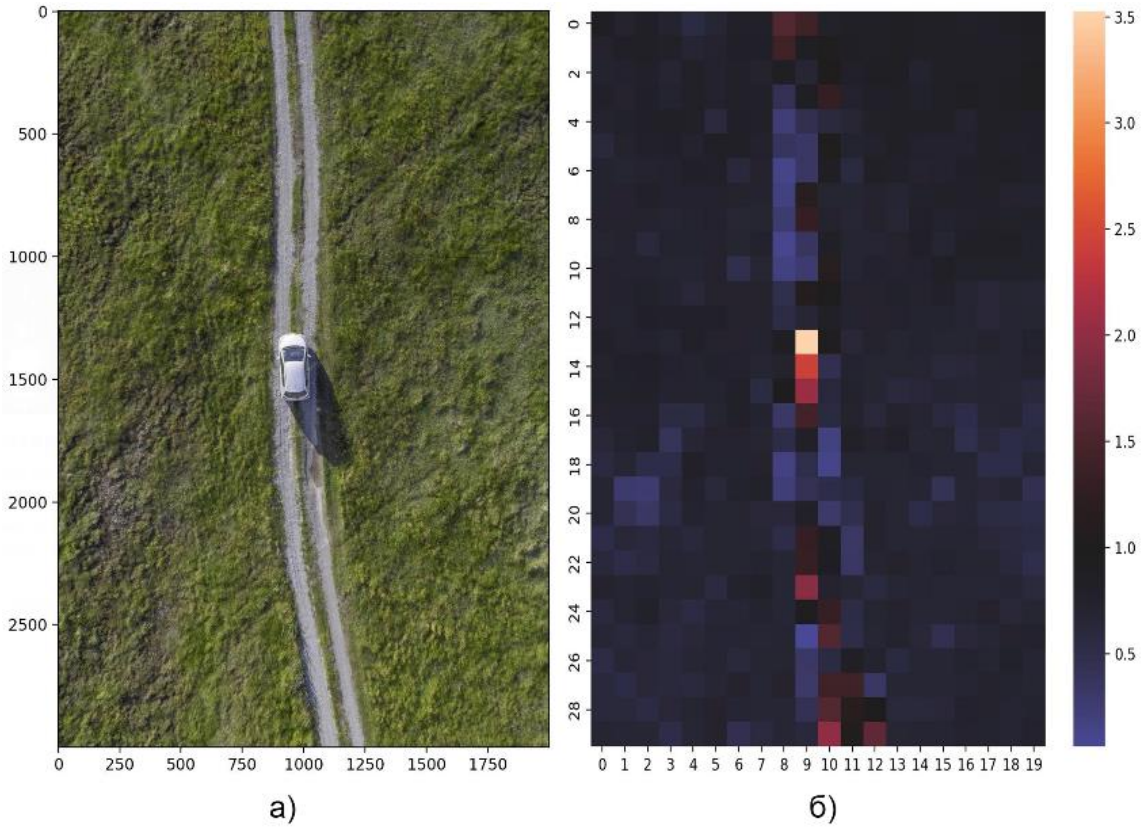


Рис. 1 а) исходное изображение; б) тепловая карта в соответствии с показателем отклонения дисперсии

В таком случае разделяемой на классы совокупностью будет являться набор показателей отклонений дисперсии фрагментов изображения (рис. 2). При использовании классического метода Оцу было получено следующее разделение (красная линия) на группы типичных (значения больше порога) и нетипичных (значения меньше порога) фрагментов изображения, порог принятия решения в данном случае равен 1,127.

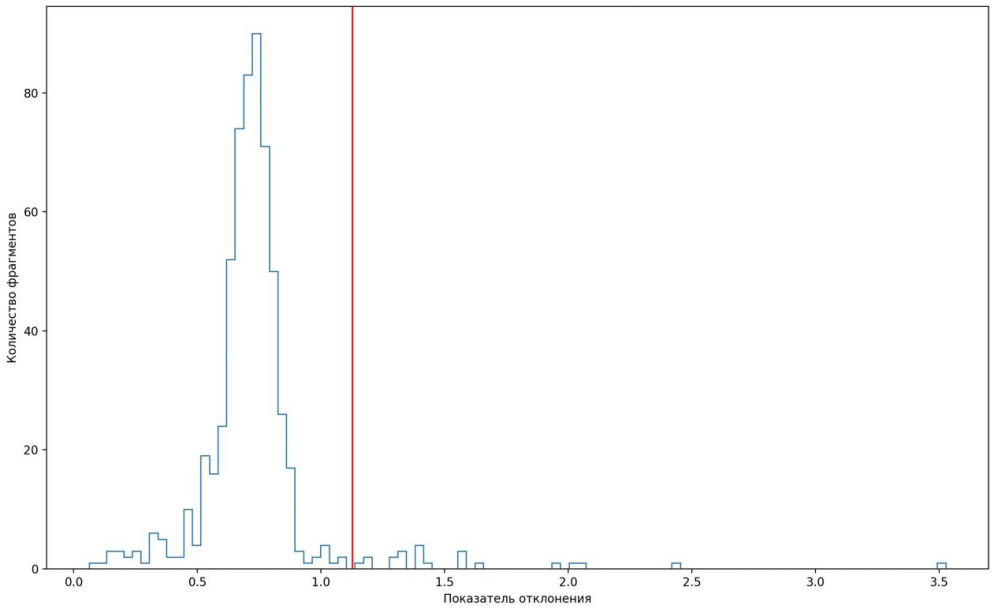


Рис. 2. Гистограмма плотности распределения значений показателя отклонения дисперсии фрагментов изображения с разделением на классы

Предложенный метод не ограничивается применением в трехмерном пространстве изображений для выявления нетипичных объектов. При возможности представления состояний элементов информационной системы в формализованном виде, например, в качестве вектора описателя, как делают авторы в работе [8], описывая модель построения многомерного пространства автономных транспортных средств.

Определение строгости порога аномальности относительно степени однородности изображения

Определение порога аномальности необходимо проводить с учетом динамики информационной системы. Предполагается, что для однородной среды автоматическое вычисление порога должно быть более строгим, чем вычисление порога в разнородной среде, где в рамках общей статистики выбросом является однородный фрагмент, то есть деление на классы происходит наоборот. Следовательно, в случае однородной среды степень допустимого отклонения дисперсии текущего фрагмента от дисперсии общего изображения должна быть меньше.

Гипотеза А: *абсолютная разница среднего и медианы фрагмента, имеющего равномерное распределение вероятностей значений каждой компоненты по отдельности и представляющего однородную структуру (количественное преимущество имеет только одно значение среди наборов значений по каждой компоненте), стремится к нулю*.

Обоснование (А): в случае, когда структура отдельной компоненты фрагмента X представлена преимущественно одним значением $\mathrm{c} = \{0, 1, 2, 3, \dots, 255\}$, и распределение вероятностей значений структуры отдельной компоненты фрагмента стремится к равномерному, $\bar{X} \to \mathrm{c}$; $M_e(X) \to \mathrm{c}$, следовательно, $|\bar{X} - M_e(X)| \to 0$.

Согласно Гипотезе А, чем меньше абсолютная разница среднего и медианы структуры отдельной компоненты фрагмента, тем более однородное и равномерное распределение значений компоненты фрагмент имеет. Для вычисления «степени» однородности [9] предполагается использовать расстояние Хеллингера, которое оценивает степень разности двух дискретных распределений вероятности $P = (p_1, p_2, p_3, \dots, p_k)$ и $Q = (q_1, q_2, q_3, \dots, q_k)$ [10] (1).

$$H(P, Q) = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{\sum_{i=1}^{k} \left(\sqrt{p_i} - \sqrt{q_i}\right)^2}, \quad (1)$$

где k – количество значений дискретного распределения; p_i – вероятность k-го элемента.

Предлагается сравнивать распределение вероятностей текущего фрагмента и распределение вероятностей сгенерированного набора значений от 0 до 255, имеющего распределение близкое к равномерному. Результаты, полученные в ходе проверки гипотезы, показаны на рисунке 3.

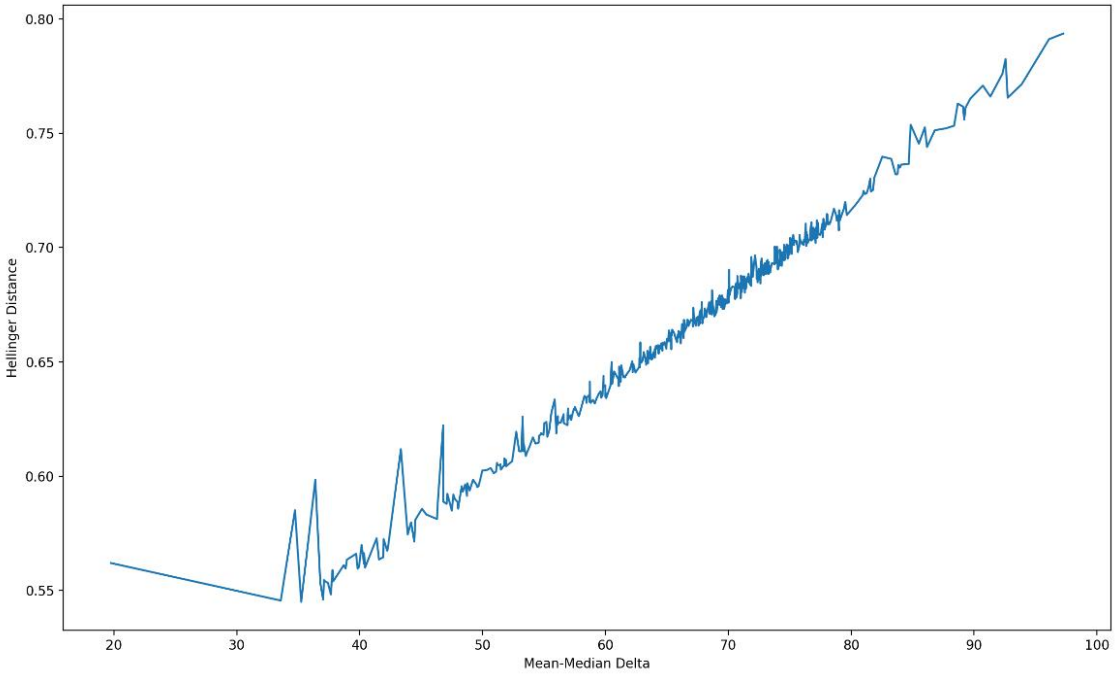


Рис. 3. Усредненная по трем компонентам изображения зависимость расстояния Хеллингера от разности среднего и медианы

Предложенная гипотеза о разности среднего и медианы имеет ряд ограничений, связанных со случаями, когда фрагмент изображения содержит в себе перетекающие градиенты. В таком случае $|\bar{X} - M_e(X)| \to 0$, однако структура отдельной компоненты фрагмента не имеет равномерного распределения вероятностей и однородности в совокупности значений компоненты. Подобные случаи можно наблюдать в первом, третьем и пятом наблюдениях графика, исходные части которых изображены на рисунке 4.

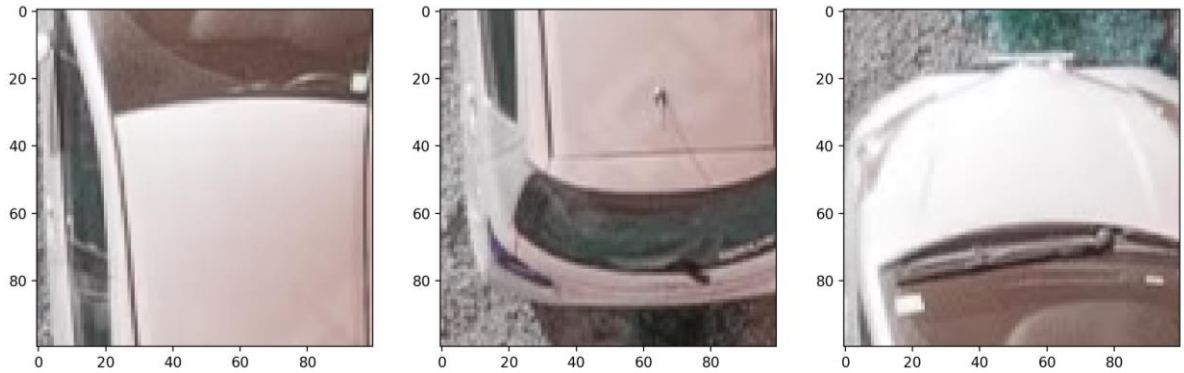
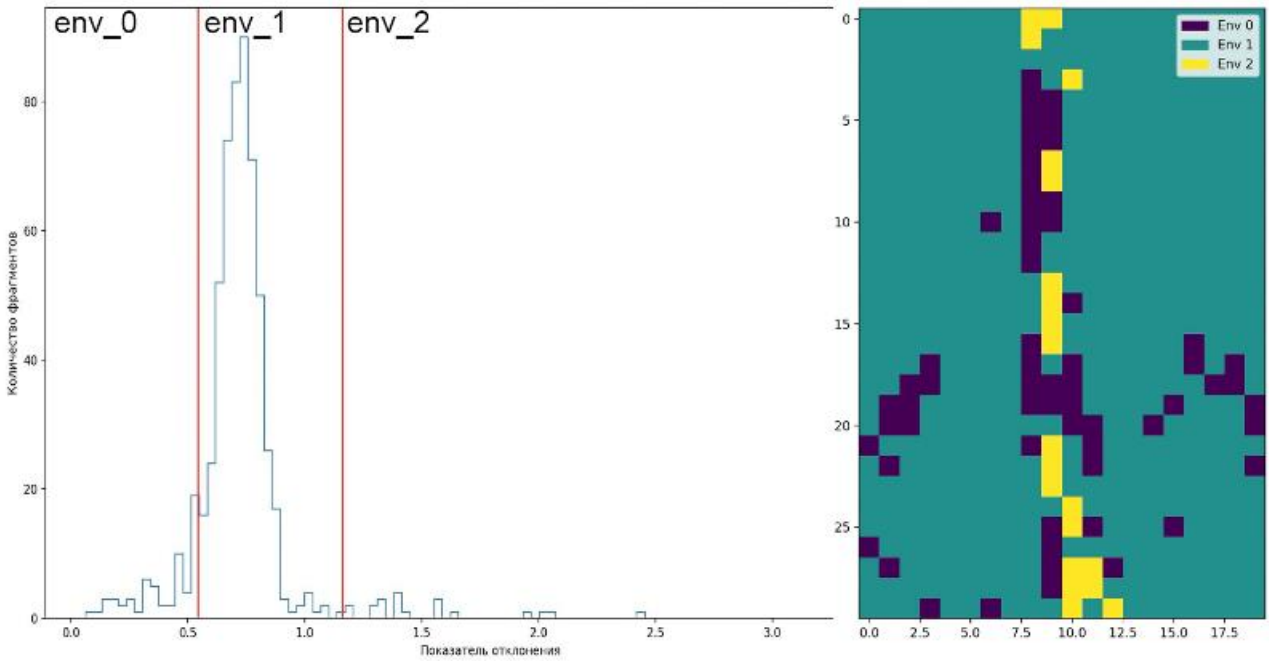


Рис. 4. Фрагменты изображения, не соответствующие предложенной гипотезе о разнице среднего и медианы

Определение порога аномальности в условиях двух и более однородных сред

На исходном изображении (рис. 1, а) можно наблюдать 2 однородные среды – зеленое поле и элементы дороги (включая боковые насыпи). Используя модификацию метода Оцу для многоклассового разделения, были получены результаты, представленные на рисунке 5, а. Для данного случая были получены два значения, разделяющие совокупность на три среды – 0,543 и 1,161.



а б

Рис. 5. а) разделение совокупности значений показателя отклонения дисперсии фрагментов на три класса; б) разделение фрагментов на классы в соответствии со средами, определяемым формальными статистическими методами

Определяя строгость порога аномальности в соответствии с абсолютной разницей медианы и среднего, были получены результаты сегментирования исходного изображения на три класса. На рисунке 5, б можно наблюдать разделение фрагментов на классы в соответствии со средами, определяемым формальными статистическими методами.

Заключение

В работе поставлена и решена задача разработки формального метода автоматического определения порога принятия решения в многомерном пространстве событий. В основе предложенного метода лежат апробированные и математически доказуемые зависимости, подлежащие интерпретируемой декомпозиции.

Применение метода автоматического определения порога не ограничивается поиском нетипичных объектов на изображения и зависит от представления векторов-описателей, иначе говоря, описательных характеристик состояния элементов исследуемой системы, которые формируют плотность распределения состояний.

Дальнейшее развитие метода предполагает уменьшение ограничений предложенной гипотезы путем дополнительного анализа градиента и отношения минимальных и максимальных значений исследуемых элементов.

Одним из направлений будущих исследований является применимость предлагаемого метода, а также результатов прошлых работ в области мониторинга и анализа поведения устройств в корпоративных сетях для выявления нетипичного поведения в режиме реального времени.

Список использованных источников

1. Shen L., Wang S. Monte Carlo Tree Search for Network Planning for Next Generation Mobile Communication Networks // 2021 IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM), Madrid, Spain. – 2021. – Pp. 1–6. DOI: 10.1109/GLOBECOM46510.2021.9685526.
2. Xu L., Hurtado-Grueso J., Jeurissen D., Liebana D.P, Dockhorn A. Elastic Monte Carlo Tree Search with State Abstraction for Strategy Game Playing // 2022 IEEE Conference on Games (CoG). – 2022. – Pp. 369–376. DOI: 10.1109/CoG51982.2022.9893587.
3. Ni W., Zhang Y. Threshold Detection of Cloud Computing System with Impatient Users Based on Game Theory // 2024 27th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design (CSCWD). – 2024. – Pp. 3128–3133. DOI: 10.1109/CSCWD61410.2024.10580422.

4. Li Y., Fan Z., Zhao X. Game Decision of a Closed-loop Supply Chain with components remanufacturing // 2021 IEEE International Conference on Recent Advances in Systems Science and Engineering (RASSE). – 2021. – Pp. 1–6. DOI: 10.1109/RASSE53195.2021.9686926.
5. Otsu N. A threshold selection method from gray-level histogram // IEEE Transactions on System Man Cybernetics. – Vol. SMC-9. – 1979. №. 1. – Pp. 62–66.
6. Ping-Sung L., Chen T.-S., Chung P.C. A Fast Algorithm for Multilevel Thresholding // J. Inf. Sci. Eng. – 2001. – 17. – Pp. 713–727.
7. Бучаев А.Я., Бегаев А.Н., Комаров И.И. Метод автоматического обнаружения аномалий в пространстве событий информационной безопасности // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2024. – №. 2. – С. 31–41.
8. Ляховенко Ю.А., Мухамеджанов С., Комаров И.И. Метод Построения Модели Пространства Автономных Транспортных Средств // International Journal of Open Information Technologies. – 2024. – Т. 12. – №. 7. – С. 38–42.
9. Arafeh M., Hammoud A., Otrok H., Mourad A., Talhi C., Dziong Z. Independent and Identically Distributed (IID) Data Assessment in Federated Learning. – 2022. – Pp. 293–298. DOI: 10.1109/GLOBECOM48099.2022.10001718.
10. Kumari A., Thakar U. Hellinger distance based oversampling method to solve multi-class imbalance problem // 2017 7th International Conference on Communication Systems and Network Technologies (CSNT). – 2017. – Pp. 137–141. DOI: 10.1109/CSNT.2017.8418525.

УДК 004.89

МАРТИНГАЛЬНЫЙ КРИТЕРИЙ ОСТАНОВКИ В ОПТИМИЗАЦИИ ГИПЕРПАРАМЕТРОВ

Иманкулов А.А. (аспирант, Университет ИТМО)
Научный руководитель: к.ф.-м.н., доцент Леоненко В.Н. (Университет ИТМО)
e-mail: imankulov.a.a.12@gmail.com

В работе рассмотрен подход к оптимизации гиперпараметров в машинном обучении на основе мартингальной теории. Применение мартингалов — стохастических процессов из теории вероятностей, нацелено на создание более адаптивного критерия остановки, основанного на наблюдении последовательных улучшений модели и определении момента завершения оптимизации на основе статистической значимости этих улучшений.
Ключевые слова: *мартингал, оптимизация гиперпараметров, случайный поиск, сеточный поиск, байесовская оптимизация, эффективность вычислений.*

Оптимизация гиперпараметров играет ключевую роль в улучшении производительности моделей машинного обучения. Традиционные подходы часто полагаются на фиксированные критерии завершения или эвристические методы для остановки процесса оптимизации. Мартингалы, происходящие из теории вероятностей, предоставляют строгую математическую основу для принятия решений о завершении оптимизации на основе статистических свойств последовательностей улучшений. В статье исследуются теоретические основы мартингалов, проводится сравнение с традиционными методами и демонстрируется их применимость на эмпирических примерах.

Оптимизация гиперпараметров является критической задачей в машинном обучении, целью которой является нахождение оптимального набора гиперпараметров, максимизирующего производительность модели на невидимых данных. Традиционные подходы, такие как случайный поиск, сеточный поиск и байесовская оптимизация, широко используются. Однако эти методы часто не обладают адаптивностью в определении момента завершения процесса оптимизации, что приводит к неэффективному расходованию ресурсов [1].

Мартингальная теория предлагает принципиальный подход к принятию решений в условиях неопределённости, сосредотачивая внимание на динамике последовательных процессов. Используя свойства мартингалов, в данной статье предлагается критерий остановки, который отслеживает статистическую значимость улучшений во время оптимизации гиперпараметров. Цель этого подхода состоит в оптимизации вычислительных ресурсов и повышении эффективности настройки модели.

Мартингалы являются математическими объектами, определёнными в рамках стохастических процессов. Формально мартингал представляет собой последовательность случайных величин, удовлетворяющую свойству $\mathrm{E}[X_{t+1} \mid X_0, X_1, \dots X_t] = X_t$. Это означает, что ожидаемое значение следующего наблюдения при условии всех предыдущих наблюдений равно текущему наблюдению, что указывает на отсутствие предсказуемых тенденций [2].

Традиционные методы оптимизации гиперпараметров, такие как случайный поиск и сеточный поиск, полагаются на заранее определённые критерии завершения, такие как фиксированное количество итераций или порог улучшения, чтобы прекратить поиск [3]. Байесовская оптимизация вводит адаптивность, моделируя целевую функцию и используя апостериорные распределения для направления поиска [4]. Однако эти методы часто не обладают строгой статистической основой для раннего завершения оптимизации на основе динамики последовательностей улучшений.

В данной работе предложено использовать свойства мартингалов — стохастических процессов, для которых условное математическое ожидание следующего значения, при заданных всех предыдущих значениях, равно текущему значению. Применение мартингальной теории позволяет адаптивно оценивать изменения в метриках модели в процессе оптимизации гиперпараметров, отслеживая статистическую значимость этих изменений. Это позволяет предложить новый критерий остановки, который прекращает

оптимизацию в тот момент, когда улучшения становятся статистически незначимыми, что минимизирует риск переобучения и избыточных вычислений.

В данном исследовании рассмотрено использование мартингалов как критерия принятия решения в контексте оптимизации гиперпараметров, который позволяет более эффективно использовать вычислительные ресурсы.

В контексте оптимизации гиперпараметров предложенный мартингальный критерий остановки отслеживает последовательность улучшений в производительности модели на протяжении итераций. Пусть $\{L_t\}_{t\geq 0}$ обозначает последовательность значений функции потерь на каждой итерации t. Критерий тестирует, удовлетворяет ли последовательность $\{\triangle L_t = L_t - L_{t-1}\}$ свойствам мартингала.

На основе свойств мартингала [2] были определены преимущества использования данного математического аппарата в качестве критерия остановки по сравнению с традиционными подходами:

1. Статистическая строгость: мартингальный критерий предоставляет статистически обоснованный метод для определения момента завершения оптимизации на основе свойств последовательностей улучшений.
2. Эффективность: путём преждевременного прекращения оптимизации, когда улучшения становятся статистически незначимыми, критерий сохраняет вычислительные ресурсы и сокращает время оптимизации.
3. Адаптивность: критерий адаптируется к наблюдаемому поведению процесса оптимизации.

Задача оптимизации гиперпараметров модели машинного обучения сводится к минимизации функции потерь $L(\theta)$, зависящую от гиперпараметров θ, на основе набора данных $D = \{(x_i, y_i)\}_i$, где $x_i \in R_d$ — признаковое описание объекта, $y_i \in \{0,1\}$ — метка класса.

В рамках приведённой задачи применение мартингального критерия остановки может быть реализовано через вычисление разности последовательности значений функции потерь на каждой итерации оптимизации и проверку удовлетворения этой разности условию мартингала. В качестве проверки может быть использован статистический тест (например, тест на нормальность) для проверки, сохраняет ли последовательность разностей мартингальные свойства [5]. Последовательность разностей показывает отклонение от ожидаемого распределения (например, отклонение от нормального распределения). Это может указывать на то, что изменения в функции потерь на различных итерациях происходят не случайным образом. Мартингальный критерий остановки может использовать эти наблюдения для принятия решения о завершении оптимизации гиперпараметров. Если последовательность разностей значительно отклоняется от ожидаемого распределения, это может быть признаком того, что дальнейшие изменения гиперпараметров не приведут к значимому улучшению модели, и оптимизацию стоит остановить.

Программная реализация описанного подхода приведена в виде кода на языке программирования Python и представлена на рисунке 1.

Для оценки эффективности различных методов побора гиперпараметров был проведен эксперимент. В рамках эксперимента использовалась регрессионная модель метода случайного леса, построенная на синтетически сгенерированных данных.

Основные характеристики данных следующие:

1. Количество объектов: 1000.
2. Количество признаков: 20.
3. Шум в данных: 0.1.

Синтетические данные были разделены на тренировочную и тестовую выборки в пропорции 80% на 20% соответственно. Были сгенерированы случайные признаки и целевая переменная на основе линейной комбинации этих признаков с добавлением контролируемого уровня шума.

Значения признаков сгенерированы случайным образом из стандартного нормального распределения $N(0,1)$. Для генерации целевой переменной y, которая представляет собой линейную комбинацию признаков, используется следующая модель:

$$y = X * \beta + \varepsilon,$$

где X – матрица признаков, β – вектор весов (коэффициентов) для каждого признака, который генерируется случайным образом, ε – добавленный гауссов шум, распределённый как $\varepsilon \sim N(0, \sigma^2)$, где σ – стандартное отклонение шума.

Эксперимент состоял из трех тестов, в каждом из них сравнивалась производительность четырёх методов оптимизации гиперпараметров: сеточного поиска, случайного поиска, байесовской оптимизации и метода с использованием мартингального критерия остановки. Ключевыми метриками для сравнения были среднеквадратичная ошибка (MSE) на тестовых данных и время, затраченное на оптимизацию. Результаты проведённого эксперимента представлены в таблице.

Таблица. **Результаты оценки эффективности методов подбора гиперпараметров**

Количество итераций	Показатель	Случайный поиск	Сеточный поиск	Байесовская оптимизация	Мартингальный критерий
10	MSE	6936.43	**6763.79**	6901.44	6990.61
	Время выполнения, сек.	67.16	188.88	72.99	**7.31**
50	MSE	6777.59	**6763.79**	6768.22	7003.24
	Время выполнения, сек.	354.12	204.55	580.23	**6.05**
100	MSE	6820.54	**6763.79**	6788.27	7348.61
	Время выполнения, сек.	713.05	182.98	1127.04	**4.93**

Результаты эксперимента показали, что сеточный поиск стабильно давал наименьшее значение MSE во всех тестах, но при этом требовал значительных вычислительных затрат. Байесовская оптимизация дала результаты, близкие к сеточному поиску, но потребовала меньше времени на выполнение в первом тесте. Однако по мере увеличения числа итераций Байесовская оптимизация становилась более ресурсоемкой, хотя и показывала хорошие результаты по MSE.

Случайный поиск показал способность выдавать конкурентоспособные результаты с меньшими вычислительными затратами по сравнению с сеточным поиском и Байесовской оптимизацией в первом тесте. Однако по мере увеличения числа итераций преимущество случайного поиска уменьшалось, особенно в сравнении с Байесовской оптимизацией.

Мартингальный критерий остановки, будучи самым быстрым и наименее ресурсоемким методом среди протестированных, стабильно приводил к более высоким значениям MSE. Основное преимущество этого метода заключается в способности быстро находить приемлемые решения с минимальными вычислительными затратами. Однако его критерий остановки, основанный на статистической значимости, может преждевременно завершить процесс оптимизации, что приводит к субоптимальным решениям. Это особенно заметно в третьем тесте, где значение MSE было самым высоким среди всех методов.

Эксперимент подчеркивает компромиссы между методами оптимизации в плане вычислительной эффективности и качества решения. В то время как Мартингальный критерий остановки является перспективным методом для ситуаций с ограниченными вычислительными ресурсами, он склонен уступать другим методам по значению MSE. Его главное преимущество заключается в значительном сокращении времени вычислений, что делает его подходящим для приложений, где необходимы быстрые приближенные решения, но не обязательно самая точная модель.

Для случаев, где критически важно достичь наименьшего возможного значения MSE, предпочтительнее использовать сеточный поиск и Байесовскую оптимизацию, несмотря на их

более высокие вычислительные затраты. Случайный поиск предлагает компромисс между вычислительной эффективностью и качеством решения. Мартингальный критерий остановки, при дальнейшем совершенствовании, может стать ценным инструментом в арсенале специалистов по машинному обучению, особенно в тех случаях, когда важна вычислительная эффективность. Программная реализация мартингального критерия остановки представлена на рисунке.

```python
def adapt_params(params):
    new_params = {
        'n_estimators': np.clip(params['n_estimators'] + np.random.randint(-20, 21), 50, 200),
        'max_depth': params['max_depth'] + np.random.choice([-2, 0, 2]),
        'min_samples_split': np.clip(params['min_samples_split'] + np.random.randint(-1, 2), 2, 10)
    }
    return new_params

def MartingalSearchCV(parameters, model, X_train, y_train, X_test, y_test, p_alpha=0.005, n_iter=10):
    best_params = parameters
    best_mse = float('inf')
    alpha = p_alpha
    delta_L = []

    for i in range(1, n_iter):
        params = adapt_params(best_params)
        model.set_params(**params)
        model.fit(X_train, y_train)

        mse = mean_squared_error(y_test, model.predict(X_test))

        if i > 1:
            delta_L.append(mse - last_mse)
            _, p_value = shapiro(delta_L)
            if p_value > alpha:
                break

        last_mse = mse

        if mse < best_mse:
            best_mse = mse
            best_params = params

    return best_mse
```

Рисунок. Программная реализация мартингального критерия остановки

Будущие исследования должны быть направлены на изучение того, как мартингальный критерий остановки будет работать в условиях, когда улучшения в производительности модели измеряются иными метриками, и насколько устойчив этот подход к динамике ошибок в задачах классификации, в частности. Кроме того, необходимо исследовать влияние специфики различных типов данных (например, категориальных признаков) и моделей (например, нейронные сети) на эффективность мартингального критерия. Это позволит дать более полную оценку применимости данного метода для различных задач машинного обучения.

Список использованных источников

1. Shams M.Y., Elshewey A.M., El-kenawy ES.M. et al. Water quality prediction using machine learning models based on grid search method. Multimed Tools Appl 83. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://link.springer.com/article/10.1007/s11042-023-16737-4 (дата обращения: 31.08.2024).
2. Fong E., Holmes C., Walker S.G. Martingale posterior distributions // Journal of the Royal Statistical Society Series B: Statistical Methodology. – 2023. – Vol. 85. – Iss. 5. – Pp. 1357–1391.
3. Ghadimi S., Powell W.B. Stochastic search for a parametric cost function approximation: Energy storage with rolling forecasts // European Journal of Operational Research. – 2024. – Vol. 312. – Iss. 2. – Pp. 641–652.
4. Holmes Chris C. and Walker Stephen G. 2023 Statistical inference with exchangeability and martingales Phil. Trans. R. Soc. A. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://royalsocietypublishing.org/doi/full/10.1098/rsta.2022.0143 (дата обращения: 31.08.2024).
5. Rafael Rodrigues de Souza, Marcos Toebe, Anderson Chuquel Mello, Karina Chertok Bittencourt, Sample size and Shapiro-Wilk test: An analysis for soybean grain yield, European Journal of Agronomy Volume 142, January 2023. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1161030122002143 (дата обращения: 31.08.2024).

УДК 004.8

TELEGRAM BOT – ПРОСМОТР ОСТАТКОВ ТОВАРОВ НА СКЛАДЕ

Кармыков М.И. (студент, университет «Туран-Астана», Казахстан, г. Астана)
Научный руководитель: ст. преподаватели Джомартов Т.А., Токешева К.Н. (университет «Туран-Астана», Казахстан, г. Астана)
e-mail: t.dzhomartov@tau-edu.kz, tokesheva@tau-edu.kz

В работе описаны разработка и внедрение телеграм-бота "Litokol | Kazakhstan" как инновационного решения, способного действенно решать задачи управления складскими запасами и повышения эффективности бизнеса в целом. Работа по созданию и применению телеграм-бота подтверждает его роль как важного инструмента для современного бизнеса. Технологический прогресс, практическая применимость и интеграция в бизнес-процессы делают бот "Litokol | Kazakhstan" не только технически инновационным, но и весьма полезным элементом для оптимизации операций и достижения бизнес-целей.

Ключевые слова: *телеграм-бот, библиотека ExcelJS, Telegram Bot API, dotenv, многоплатформенное тестирование.*

В современном мире, где технологии становятся неотъемлемой частью повседневной жизни, автоматизация бизнес-процессов играет ключевую роль в повышении эффективности и точности управления. В этом контексте создание телеграм-бота для проверки остатков товаров на складе представляет собой актуальное и перспективное направление развития информационных технологий. Данная работа направлена на исследование и разработку инновационного инструмента, способного упростить процесс мониторинга запасов товаров, обеспечивая более оперативное и удобное взаимодействие с данными о наличии продукции на складе.

В условиях динамично меняющегося рынка и повышенной конкуренции эффективное управление запасами становится одним из ключевых факторов успеха предприятия. Точное и своевременное информирование о наличии товаров на складе является основой для принятия обоснованных решений, направленных на оптимизацию производственных и снабженческих цепочек. В этом контексте использование телеграм-бота для мониторинга остатков товаров представляет собой инновационный подход к автоматизации учета, обеспечивая быстрый и удобный доступ к необходимой информации.

Основной целью данной работы является разработка и анализ телеграм-бота, способного эффективно проверять остатки товаров на складе.

Автоматизация учета товаров на складе играет ключевую роль в улучшении операционной эффективности и снижении рисков ошибок в управлении запасами. Традиционные методы ручного учета часто сталкиваются с задержками и неточностями, что может привести к недостатку товаров или избыточным запасам [1].

Автоматизация учета товаров на складе играет ключевую роль в улучшении операционной эффективности и снижении рисков ошибок в управлении запасами. Традиционные методы ручного учета часто сталкиваются с задержками и неточностями, что может привести к недостатку товаров или избыточным запасам. Телеграм-бот, как инструмент автоматизации, обещает минимизировать ручные процессы и обеспечить более быстрый доступ к актуальной информации о запасах.

Теоретический обзор данной темы предполагает рассмотрение ключевых аспектов, связанных с разработкой и функционированием телеграм-бота Litokol | Kazakhstan. Этот бот представляет собой инновационное решение для автоматизации учета товаров на складе, обладая функциональностью по приему эксель-файлов и автоматическому обновлению базы данных с остатками товаров.

Автоматизированная загрузка данных из эксель-файлов позволяет пользователям удобно обновлять информацию о запасах, минимизируя необходимость ручного внесения данных. Это не только сокращает вероятность ошибок, связанных с человеческим фактором, но и обеспечивает актуальность информации в режиме реального времени.

Важным функциональным элементом бота является возможность запроса данных о наличии товара по названию или артикулу. Пользователи, отправляя соответствующие запросы, могут быстро получать информацию о текущем состоянии запасов, что повышает оперативность принятия стратегических решений.

Интеграция с Google Таблицами является значимым шагом в обеспечении удобства хранения и обработки данных. Google Таблицы обеспечивают высокий уровень доступности, совместной работы и безопасности данных, что важно при работе с информацией о запасах товаров на складе [2].

Эффективность и экономия ресурсов

Автоматизированный процесс загрузки данных из эксель-файлов существенно снижает затраты времени и труда, которые ранее требовались для вручную внесения информации. Это обеспечивает эффективное использование ресурсов компании и повышает производительность труда.

Удобство в Поиске Информации

Возможность запроса данных по названию товара или артикулу делает использование бота максимально удобным для конечного пользователя. Быстрый и точный поиск информации о наличии товара позволяет предприятию оперативно реагировать на изменения в потребительском спросе.

Система Оповещений и Взаимодействия

Бот, подключенный к Google Таблицам, может реализовать систему оповещений об изменениях в запасах, что дополнительно повышает уровень оперативности в управлении.

Архитектура телеграм-бота представляет собой структуру и организацию компонентов, обеспечивающих функционирование бота взаимодействие с пользователями и обработку данных. Для бота Litokol | Kazakhstan, спроектированного для учета товаров на складе, архитектура может быть организована следующим образом:

- модуль для приема эксель-файлов: Этот модуль отвечает за прием эксель-файлов, отправленных пользователями. Он обрабатывает полученные файлы, извлекает из них данные о товарах и передает их для обновления базы данных;
- база данных: Одним из центральных элементов архитектуры является база данных, где хранится информация о запасах товаров на складе. В случае бота Litokol | Kazakhstan, эта база данных может содержать данные о названии товаров, артикулах, количестве на складе и других сведениях;
- модуль для взаимодействия с Google Таблицами: Этот модуль обеспечивает интеграцию бота с Google Таблицами. Он отвечает за отправку и получение данных из таблиц, обновление информации о запасах и обработку запросов от бота;
- модуль обработки пользовательских запросов: Для взаимодействия с пользователями бот должен иметь модуль, который обрабатывает запросы на проверку остатков товаров. Этот модуль принимает запросы, выполняет поиск в базе данных и возвращает необходимую информацию;
- механизм оповещений: Модуль, отвечающий за оповещения пользователей об изменениях в запасах. Этот компонент может использовать систему уведомлений в Telegram мессенджере или другие механизмы для информирования о важных событиях;
- интерфейс пользователя: Элемент архитектуры, который обеспечивает взаимодействие пользователя с ботом. Включает в себя текстовый интерфейс для ввода запросов и получения ответов от бота;
- модуль безопасности: Этот модуль отвечает за обеспечение безопасности данных, передаваемых между ботом, базой данных и Google Таблицами. Включает в себя механизмы шифрования и аутентификации;
- модуль обновления данных: Этот компонент отвечает за обновление данных в базе после приема новых эксель-файлов. После обработки данных он взаимодействует с базой данных для внесения актуальной информации;
- модуль обработки исключений: Компонент, ответственный за обработку ошибок и

исключительных ситуаций. Это важно для обеспечения стабильной работы бота и быстрого реагирования на возможные проблемы.

Реализация функционала телеграм-бота Litokol | Kazakhstan на языке программирования JavaScript (JS) включает в себя использование специализированных библиотек и фреймворков для взаимодействия с Telegram API, обработки данных, и взаимодействия с базой данных и Google Таблицами.

Ключевые аспекты реализации:

- использование Telegram Bot API: для взаимодействия с Telegram мессенджером, бот использует Telegram Bot API. Для этого используется библиотека на JS, такая как Telegraf или другие альтернативы [3];
- обработка команд и сообщений от пользователя: бот реагирует на команды и сообщения от пользователей;
- интеграция с Google Таблицами: для интеграции с Google Таблицами используются библиотеки, такие как google-spreadsheet или googleapis. Они обеспечивают доступ к таблицам и позволяют читать и записывать данные;
- обработка эксель-файлов: для обработки эксель-файлов может использоваться библиотека exceljs или другие альтернативы. Эта библиотека позволяет считывать данные из файлов и обновлять информацию в базе данных;
- взаимодействие с базой данных: для работы с базой данных используются соответствующие библиотеки, например, mongoose для MongoDB или другие, в зависимости от выбора базы данных;
- механизм обновления данных: реализация механизма обновления данных в базе данных может включать в себя асинхронные операции и механизмы обработки ошибок для обеспечения стабильной работы бота;
- обработка исключений и логирование: в коде предусмотрены механизмы обработки исключений для предотвращения возможных ошибок. Логирование событий позволяет отслеживать работу бота и выявлять проблемы;
- использование dotenv для управления конфигурацией: dotenv – это библиотека, которая загружает переменные окружения из файла. env, что обеспечивает безопасное и удобное управление конфигурацией бота;
- работа с текстовыми сообщениями и клавиатурой: для обработки текстовых сообщений и создания интерактивных клавиатур используются методы Telegraf, предоставляющие боту возможность взаимодействия с пользователями.

Интеграция с Google Таблицами в телеграм-боте Litokol | Kazakhstan предоставляет возможность обновлять данные о товарах на складе и эффективно взаимодействовать с информацией, хранящейся в электронной таблице. Для этого обычно используется библиотека google-spreadsheet в сочетании с Google API.

Интеграция телеграм-бота с эксель-файлами предоставляет возможность боту взаимодействовать с данными, предоставляемыми пользователями в формате Excel. В контексте телеграм-бота Litokol | Kazakhstan, пользователи могут отправлять эксель-файлы с информацией о товарах на складе, и бот автоматически обрабатывает эти файлы для обновления базы данных.

Библиотека ExcelJS: exceljs – это библиотека для работы с форматом Excel на языке JavaScript. Она предоставляет удобные методы для чтения и записи данных в файлы Excel. При обработке эксель-файлов в телеграм-боте exceljs может быть полезным инструментом для извлечения информации.

В сфере разработки программного обеспечения, создание и поддержание телеграм-бота является задачей, требующей не только функциональной, но и высокой производительной эффективности. Тестирование и оценка производительности телеграм-бота становятся важным этапом в жизненном цикле разработки, направленным на обеспечение надежности, безопасности и эффективности его работы.

Тестирование функциональности – это ключевой аспект, гарантирующий корректное

выполнение основных функций бота. Это включает в себя проверку работы команд, взаимодействие с внешними сервисами, такими как Google Таблицы, и обработку данных, поступающих от пользователей. Тестирование безопасности также играет важную роль в обнаружении и предотвращении угроз, таких как вредоносные файлы или несанкционированный доступ.

Оценка производительности становится неотъемлемой частью разработки телеграм-бота. Измерение времени выполнения ключевых операций, нагрузочное тестирование при высоких нагрузках и мониторинг потребления ресурсов позволяют выявить узкие места, оптимизировать код и обеспечить эффективную работу в реальных условиях использования.

В данном контексте, тестирование и оценка производительности направлены не только на обеспечение корректности работы, но и на создание устойчивого и высокопроизводительного инструмента, способного эффективно обрабатывать запросы пользователей и поддерживать актуальность данных.

Рассмотрим более подробно методы тестирования и оценки производительности телеграм-бота, чтобы обеспечить его оптимальное функционирование.

Интеграция тестирования и оценки производительности в процесс разработки телеграм-бота обеспечивает комплексный подход к созданию высококачественного продукта. Эти меры позволяют выявить потенциальные проблемы на ранних стадиях, улучшить устойчивость, обеспечить безопасность и гарантировать отзывчивость бота при различных условиях эксплуатации. Автоматизированное тестирование играет важную роль в обеспечении непрерывной проверки функциональности и безопасности. Путем создания и регулярного запуска тестовых сценариев можно оперативно выявлять и устранять дефекты, а также обеспечивать стабильную работу бота при изменениях в коде. Тестирование производительности является неотъемлемой частью стратегии разработки. Оценка скорости выполнения ключевых операций, анализ использования ресурсов и нагрузочное тестирование позволяют идентифицировать узкие места и оптимизировать код для максимальной эффективности. Важным аспектом является многоплатформенное тестирование, включающее проверку работы бота на различных устройствах, браузерах и версиях Telegram. Это обеспечивает уверенность в том, что бот корректно функционирует в разнообразных средах, которые могут использовать его пользователи.

В ходе разработки телеграм-бота был проведен обширный цикл тестирования, охватывающий различные аспекты функциональности, безопасности и производительности. Все этапы разработки подразумевали активное использование автоматизированных и ручных тестов для обеспечения высокого уровня качества и надежности бота [4].

Тестирование функциональности:

- проверка работы основных команд бота, включая запросы остатков товаров, отправку эксель-файлов и взаимодействие с Google Таблицами;
- тестирование аутентификации и авторизации для обеспечения безопасного доступа к функциональности (рис. 1).

Тестирование безопасности:

- проверка на вредоносный контент в загружаемых файлах для предотвращения возможных угроз безопасности;
- тестирование механизмов аутентификации и авторизации для защиты от несанкционированного доступа.

Тестирование производительности:

- оценка времени выполнения ключевых операций, таких как обработка эксель-файлов и обновление базы данных;
- нагрузочное тестирование при высоких нагрузках для оценки стабильности и отзывчивости бота (рис. 2).

Рис. 1. Тестирование функциональности бота. Вывод группы товаров

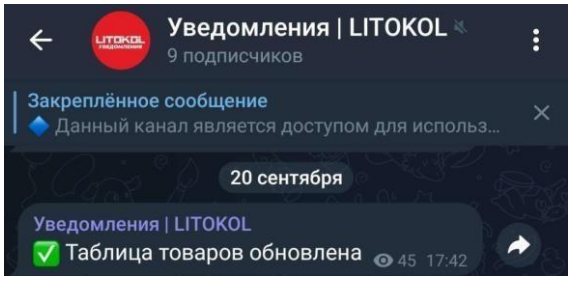


Рис. 2. Вывод уведомления об обновлении товаров

Тестирование на различных платформах:

– проверка работы бота на различных устройствах, браузерах и версиях Telegram для обеспечения совместимости.

Тестирование на различных версиях Telegram:

– тестирование бота на разных версиях Telegram для гарантированной работы на всех популярных версиях мессенджера.

Многоплатформенное тестирование:

– тестирование на различных операционных системах, таких как Windows, macOS и Linux, чтобы обеспечить универсальность бота.

Тестирование масштабируемости:

– проверка поведения бота при увеличении объема данных и числа одновременных пользователей.

Логирование и мониторинг производительности:

– внедрение системы логирования и мониторинга производительности для оперативного выявления и решения возможных проблем.

Тестирование и оценка производительности были выполнены систематически на каждом этапе разработки, что позволило создать телеграм-бот, отвечающий высоким стандартам качества, безопасности и эффективности. Эффективное тестирование на всех этих уровнях гарантирует, что телеграм-бот не только соответствует ожиданиям пользователей, но и способен эффективно функционировать в различных сценариях использования.

– **Максимальная доступность**: пользователи могут взаимодействовать с ботом в любое время и из любого места, что содействует беспрерывному мониторингу остатков товаров даже вне офисной среды.
– **Простота использования**: интуитивный интерфейс бота делает процесс запросов и получения информации максимально простым, минимизируя необходимость обучения персонала.
– **Обеспечение безопасности данных**: внимание к тестированию безопасности гарантирует, что конфиденциальные данные о запасах товаров остаются надежно защищенными.
– **Информированные решения**: пользователи, владея актуальной информацией о запасах, могут принимать информированные решения, уменьшая риски недостатка товаров или излишков.
– **Ускорение бизнес-процессов**: бот сокращает время, требуемое для получения данных о запасах, что способствует более быстрой реакции на изменяющиеся рыночные условия.
– **Улучшение коммуникации**: бот улучшает коммуникацию внутри организации, предоставляя быстрый и прозрачный канал обмена информацией о запасах между различными отделами.

- **Динамичное развитие**: постоянное тестирование и мониторинг производительности позволяют боту динамично развиваться, учитывая изменения в окружающей среде и требованиях бизнеса.
- **Оптимизация времени**: внедрение бота сокращает время, которое ранее требовалось на ручной анализ и обработку данных о запасах, увеличивая оперативность принятия решений.

В результате успешного внедрения телеграм-бота "Litokol | Kazakhstan" для проверки остатков товаров на складе получены конкретные и практические выгоды. Этот инновационный инструмент не только предоставил эффективное управление запасами, но и принес значительные практические преимущества для бизнеса [5].

Итак, телеграм-бот "Litokol | Kazakhstan" демонстрирует не только технологическую новаторскую составляющую, но и является практическим инструментом, способствующим развитию и повышению эффективности бизнеса в условиях быстро меняющейся экономической среды.

Работа по разработке и практическому применению телеграм-бота для проверки остатков товаров на складе представляет собой важный этап в инновационном развитии бизнес-процессов.

Технологический Прогресс и Эффективность: Внедрение телеграм-бота представляет собой важный шаг в направлении использования передовых технологий для оптимизации бизнес-процессов. Эффективное управление запасами, быстрый доступ к данным и гибкость бота являются ключевыми факторами, способствующими повышению эффективности.

Практическая Применимость и Реальные Выгоды: Работа позволила продемонстрировать практическую применимость бота в реальных бизнес-условиях. Управление запасами в реальном времени, экономия ресурсов, улучшенная коммуникация и повышенная удовлетворенность пользователей стали реальными выгодами этого инновационного решения.

Безопасность и Надежность: Тщательное тестирование безопасности и производительности гарантирует, что бот не только эффективен, но и надежен в условиях реальной эксплуатации, обеспечивая безопасность данных и стабильность работы.

Интеграция в Бизнес-Процессы: Интеграция бота с внешними системами, такими как Google Таблицы, подчеркивает его роль в создании целостных и эффективных бизнес-процессов.

Все эти аспекты подчеркивают успешность разработки и внедрения телеграм-бота "Litokol | Kazakhstan" как инновационного решения, способного действенно решать задачи управления складскими запасами и повышения эффективности бизнеса в целом. Работа по созданию и применению телеграм-бота подтверждает его роль как важного инструмента для современного бизнеса. Технологический прогресс, практическая применимость и интеграция в бизнес-процессы делают бот "Litokol | Kazakhstan" не только технически инновационным, но и весьма полезным элементом для оптимизации операций и достижения бизнес-целей.

Список использованных источников

1. Соколов И.Г. Разработка и внедрение ботов в мессенджеры для управления бизнес-процессами. - Издательство: ТехноПресс. – 2020. – С. 83–91.
2. Ботаника А.А. Интеграция телеграм-ботов с внешними системами // Журнал Информационные Технологии. – 2019. – Т. 25. – Вып. 3. – С. 123–126.
3. Робинсон М. Применение чат-ботов в бизнесе: современные тенденции и перспективы // Конференция по информационным технологиям. – 2021.
4. Джонсон К. Разработка чат-ботов с использованием платформы Telegram API // Онлайн-курс по веб-разработке, 2022.
5. Грин С. Эффективное тестирование и оптимизация производительности телеграм-ботов // Журнал Тестирование и Качество. – 2018. – Т. 30. – Вып. 2.

УДК 004.8

ПРИМЕНЕНИЕ АНАЛИТИКИ БОЛЬШИХ ДАННЫХ В БИЗНЕСЕ: ПРИМЕРЫ УДАЧНЫХ КЕЙСОВ

Козлова Т.С. (студент, МАИ)
Научный руководитель: к.т.н. Горожеев М.Ю. (МАИ)
e-mail: tanuha30012004@mail.ru

В данной статье освещается применение аналитики больших данных в бизнесе, рассматривая успешные примеры из различных отраслей, таких как ритейл, банковский сектор, здравоохранение, туризм, автомобильная промышленность. Анализ кейсов компаний, таких как Target, JPMorgan Chase, система данных SNDS, Expedia Group, General Electric и Ford Motor Company демонстрирует, как использование технологий больших данных способствует повышению эффективности процессов, улучшению качества обслуживания и достижению значительных финансовых результатов. Статья подчеркивает важность внедрения аналитики больших данных как стратегического инструмента для конкурентоспособности современных организаций.
Ключевые слова: *аналитика, большие данные, бизнес, эффективность, кейсы.*

Аналитика больших данных (Big Data Analytics) является важным инструментом для современного бизнеса, позволяющим компаниям извлекать ценные решения задач из огромных массивов информации. С каждым годом объем данных увеличивается, а методы их анализа становятся все более совершенными. В результате многие компании внедряют аналитику больших данных в свои бизнес-процессы, что позволяет им принимать более обоснованные решения, улучшать продуктивность и повышать конкурентоспособность. В этой статье рассмотрен ряд удачных кейсов применения аналитики больших данных в различных отраслях бизнеса.

1. Розничная торговля – Target.

Американская сеть розничной торговли Target собрала огромный массив данных о покупателях, включая информацию о покупках, демографические данные, историю посещения магазинов, активность в социальных сетях. Эти данные были проанализированы с помощью алгоритмов машинного обучения для создания точных прогнозов о поведении клиентов и их потребностях.

В одно время Target разработал алгоритм, который анализировал предпочтения покупателей и мог предсказывать, когда клиенту может понадобиться тот или иной товар, например, вспомогательные средства для мам и младенцев [1].

В результате, используя эти данные, Target смог предлагать специальные акции и предложения именно тем клиентам, которым они были нужны. Аналитика позволила Target увеличить свои продажи, что оказывает значительное влияние на общую финансовую отчетность компании [2].

2. Банковский сектор – JPMorgan Chase.

JPMorgan Chase – один из старейших и самых влиятельных финансовых конгломератов на планете. Является самой крупной публичной компанией в мире (по версии журнала Forbes) [3].

JPMorgan Chase применяет аналитику больших данных для выявления мошеннических транзакций и повышения уровня безопасности. Используя модели машинного обучения, банк анализирует миллионы транзакций в реальном времени, чтобы выявлять аномалии и подозрительные паттерны. Помимо всего, JPMorgan Chase использует анализ данных, чтобы предоставлять клиентам персонализированные финансовые советы, учитывая их индивидуальные потребности и финансовое положение.

С помощью внедрения аналитических инструментов банк может сократить потери от мошеннических действий, что помогает не только сэкономить деньги, но и повышает уровень доверия клиентов к услугам банка.

3. Здравоохранение – система данных SNDS.

В апреле 2017 года во Франции запущена национальная система данных SNDS о здоровье, объединяющая данные о здоровье пациентов из различных источников [4].

Система SNDS — это уникальный ресурс, объединяющий информацию о смертельных случаях, инвалидности и данные страховых компаний. Такое объединение позволяет получить целостную картину о здоровье населения. Доступ к системе имеют только государственные органы и организации в сфере здравоохранения.

В результате использования аналитики больших данных в сфере здравоохранения можно снизить уровень повторных госпитализаций, а также улучшить общую эффективность лечения. Это позволяет сэкономить средства и улучшить качество обслуживания пациентов.

4. Туризм – Expedia.

Expedia Group (Expedia) – один из крупнейших в мире онлайн-операторов в туристическом бизнесе [5].

Он использует аналитические данные для разработки персонализированных предложений. Платформа анализирует данные о пользователях, их предпочтениях и предыдущих бронированиях. Благодаря этому компания может предложить клиенту отель в определенном районе города, учитывая его интересы.

В результате можно увеличить конверсию продаж и повысить уровень удовлетворенности клиентов. Кроме того, компания может сократить время поиска и бронирования, что является важным конкурентным преимуществом.

5. Производство – General Electric (GE).

В производстве General Electric активно использует аналитику больших данных для оптимизации своих производственных процессов и повышения качества продукции. С помощью сенсоров, установленных на оборудовании, можно собрать данные о работе оборудования.

GE создала платформу Predix, которая собирает данные с различных производственных активов, таких как турбины, двигатели, железнодорожные локомотивы. Эти данные анализируются с помощью алгоритмов машинного обучения для определения потенциальных проблем и неисправностей оборудования, прогнозирования технического обслуживания и оптимизации рабочих процессов.

Аналитика в производстве дает возможность прогнозировать возможные сбои и проводить техническое обслуживание до возникновения серьезных проблем, что сокращает время простоя и значительно повышает эффективность производственных процессов **[6]**.

6. Автомобильная промышленность – Ford Motor Company.

Ford применяет аналитику больших данных для улучшения разработки автомобилей и повышения их безопасности. Обрабатывая данные, собранные от различных датчиков в автомобилях, компания может анализировать, как водители взаимодействуют с транспортными средствами.

В 2016 году американская компания IBM, которая производит и поставляет программное и аппаратное обеспечение, заявила о совместной работе с автогигантом Ford Motor над проектом Smart Mobility Experimentation Platform (SMEP). Данная платформа позволяет обрабатывать данные каждые 10–15 секунд и выявлять закономерности и тенденции в дорожных ситуациях с большой точностью в реальном времени **[7]**.

Применение аналитики больших данных становится важным инструментом, который позволяет компаниям улучшать свои процессы и предлагать клиентам более качественные продукты и услуги во всех сферах бизнеса, от розничной торговли до банковского сектора, здравоохранения, туризма, производства и автомобильной промышленности.

Анализ больших данных в бизнесе позволяет оптимизировать производственные процессы, снизить издержки, повысить производительность, предотвратить простои и улучшить качество продукции. Также он дает возможность компаниям лучше понимать потребности клиентов, предлагать персонализированные услуги, улучшать маркетинговые кампании и повышать уровень удовлетворенности.

Компании, использующие анализ больших данных, имеют возможность быстрее реагировать на изменения рынка, предлагать новые продукты и услуги, и добиваться большей рентабельности.

Эффективное применение анализа больших данных в бизнесе требует наличия компетентных специалистов, способных работать с большими массивами данных, строить модели машинного обучения и интерпретировать результаты.

Примеры из разных отраслей показывают, как успешное применение технологий анализа данных может привести к значительным финансовым и конкурентным преимуществам.

Так, благодаря применению аналитики больших данных, компания Target может увеличить свои продажи, **JPMorgan Chase** сократить потери от мошеннических действий, сэкономив деньги и повысив уровень доверия клиентов к услугам банка. Система данных SNDS может улучшить эффективность лечения, корпорация General Electric уменьшить время простоя и увеличить результативность производственных процессов, а Ford Motor Company, благодаря своей платформе, способна с большей точностью отслеживать действия водителей в различных ситуациях на дорогах.

Важно помнить, что для использования аналитики необходима не только технологическая база, но и грамотное управление изменениями и адаптация корпоративной культуры к новым технологиям. Будущее аналитики больших данных обещает приносить еще больше инноваций и преобразований в мир бизнеса.

Список использованных источников

1. На что способны Big Data или супер-кейс сети Target. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.retail.ru/cases/na-chto-sposobny-big-data-ili-super-keys-seti-target/ (дата обращения: 05.09.2024).
2. Какие примеры успешного использования аналитики данных в бизнесе. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://sky.pro/media/kakie-primery-uspeshnogo-ispolzovaniya-analitiki-dannyh-v-biznese/ (дата обращения: 06.09.2024).
3. JP Morgan Chase. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%9A%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F:JPMorgan_Chase (дата обращения: 07.09.2024).
4. Национальная система данных о здоровье создана во Франции. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://habr.com/ru/articles/328836/ (дата обращения: 08.09.2024).
5. Expedia Group, Inc. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://fin-plan.org/lk/obligations/company_usa/expedia_group_inc/ (дата обращения: 09.09.2024).
6. 7 кейсов использования технологий Big Data в сфере производства. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://habr.com/ru/companies/newprolab/articles/325550/ (дата обращения: 10.09.2024).
7. IBM и Ford подключают Big Data к автомобилям. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BA%D1%82:Ford_Motor_Company_%28IBM_Cloud%29 (дата обращения: 11.09.2024).

УДК 316

ВЗГЛЯД СТУДЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА НА ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И ЕГО ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ПОВСЕДНЕВНУЮ ЖИЗНЬ ЧЕЛОВЕКА

Коробкова А.В. (студент, МАИ)
Научный руководитель: к.соц.н., доцент Коган Е.А. (МАИ)
e-mail: an200438555@gmail.com

В работе представлены результаты исследования о влиянии искусственного интеллекта (ИИ) на повседневную жизнь, так как развитие технологий способствует улучшению и облегчению выполнения ежедневных задач. Рассмотрены преимущества и недостатки ИИ в инженерии, образовании и других сферах. На основании проведенного опроса сделаны выводы об отношении студентов технических университетов к стремительному развитию этой технологии.
Ключевые слова: *искусственный интеллект, инженерия, образование, мнение, перспективы, исследование, технологии, социальные отношения.*

Искусственный интеллект (ИИ) становится все более интегрированной частью нашей повседневной жизни. Технологии ИИ проникают в различные сферы, включая медицину, производство, транспорт и развлечения. Одной из ключевых областей применения ИИ является инженерия, где автоматизация и оптимизация процессов производства играют важную роль. Современные технологии ИИ могут значительно улучшить процессы производства, повысить эффективность работы автоматических систем и помочь в принятии решений на основе больших объемов данных. Эти улучшения приводят к снижению затрат и увеличению производительности, что, в свою очередь, может способствовать экономическому росту. Однако важно учитывать и нюансы, которые могут возникнуть из-за растущего влияния ИИ. Например, увеличение роботизации может привести к изменениям в структуре рынка труда и потребовать от специалистов новых навыков и знаний. В связи с этим важно тщательно анализировать последствия внедрения ИИ и разрабатывать стратегии для смягчения потенциальных негативных эффектов.

В инженерии ИИ уже активно используется для автоматизации и оптимизации различных процессов. Технологии ИИ помогают в управлении производственными линиями, прогнозировании потребностей в ресурсах и контроле качества продукции. Например, системы на базе ИИ могут анализировать данные о работе оборудования, предсказывать его неисправности и предлагать оптимальные методы для их устранения. Это позволяет существенно снизить затраты на ремонт и обслуживание, а также повысить общую эффективность производства.

ИИ также находит применение в проектировании и разработке новых продуктов. С помощью машинного обучения можно создавать сложные модели и проводить симуляции, что ускоряет процесс разработки и тестирования. Это открывает новые возможности для создания инновационных решений и позволяет быстрее реагировать на изменения в рыночных условиях. В сфере образования технологии ИИ предоставляют новые возможности для персонализированного обучения. Адаптивные образовательные платформы используют ИИ для анализа индивидуальных потребностей студентов и предоставления им учебных материалов, которые соответствуют их уровню знаний и интересам [1]. Это позволяет каждому учащемуся получать помощь по темам, с которыми он сталкивается трудности, и учиться в своем собственном темпе. Кроме того, ИИ может быть использован для анализа успеваемости студентов и выявления их сильных и слабых сторон. Это помогает преподавателям разрабатывать более эффективные учебные стратегии и предоставлять дополнительную помощь там, где она наиболее необходима.

В технических вузах, где обучение связано с новыми технологиями, ИИ может способствовать более глубокому пониманию предметов и развитию практических навыков. В декабре 2023 года было проведено исследование среди студентов Московского авиационного института (МАИ) с целью выяснения их представлений о влиянии ИИ на человека. В опросе принял участие 201 студент, из которых 69% – мужчины, а 31% – женщины. Результаты

показали, что большинство студентов (69,7%) уже используют ИИ в различных областях, включая учебу. Это свидетельствует о растущем интересе и доверии к технологиям ИИ среди молодежи. Однако, треть опрошенных (30,3%) никогда не использовала ИИ в своих целях, что может указывать на необходимость повышения осведомленности о возможностях и преимуществах этих технологий (рис. 1).

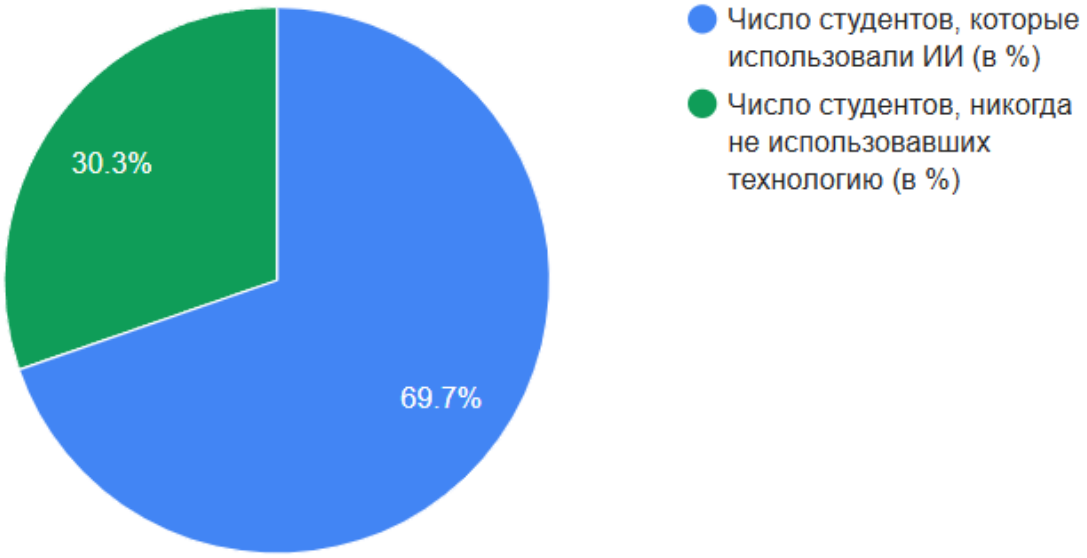


Рис. 1. Применение студентами технологий ИИ в повседневной жизни

Изучение отношения студентов к современным технологиям, таким как нейросети, показало, что только 2% респондентов выражали негативное мнение, в то время как 98% относились к ним нейтрально или положительно. Это подтверждает высокий уровень доверия студентов к ИИ и его потенциальной полезности. Одним из ключевых вопросов исследования было выяснение, в каких отраслях ИИ будет наиболее востребован. Опрос показал, что абсолютным лидером является IT-сфера (77,6%), что вполне ожидаемо, поскольку развитие ИИ напрямую связано с программированием и высокими технологиями. На втором месте оказалась бизнес-сфера (43,7%), где ИИ используется для автоматизации бизнес-процессов, анализа данных и улучшения взаимодействия с клиентами. Данная статистика отражена в диаграмме на рисунке 2.

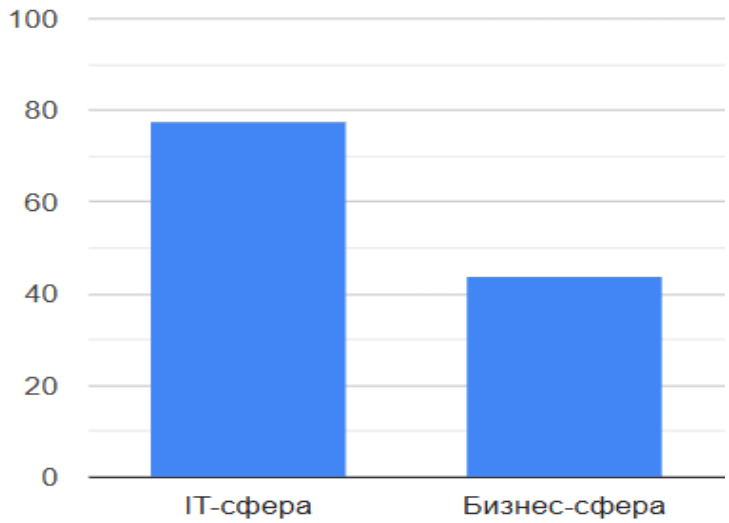


Рис. 2. Наиболее частые сферы использования технологий ИИ

Исследование также рассмотрело будущее общения людей с учетом стремительного развития технологий. Диаграмма приведена на рисунке 3.

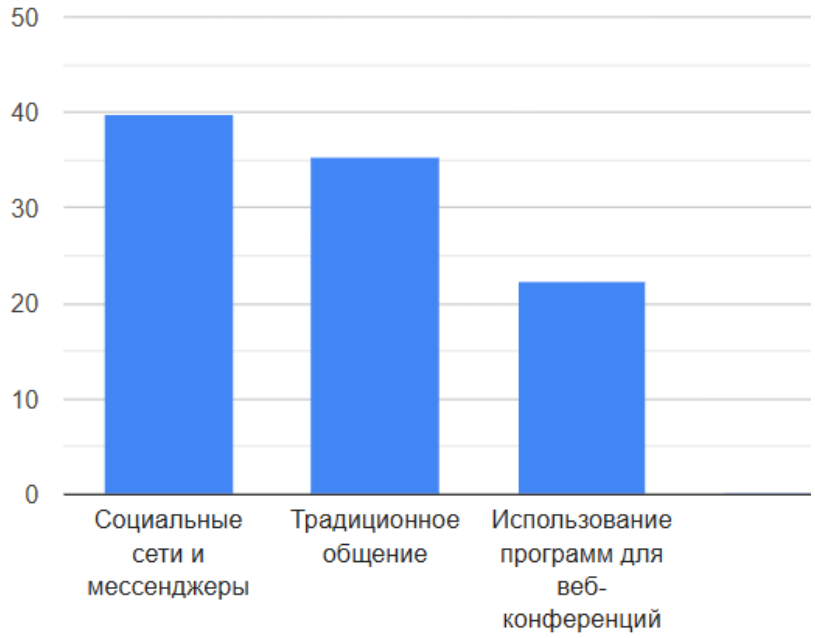


Рис. 3. Аналитика социального взаимодействия людей с учётом активного развития технологий

Опрос показал, что большинство участников предпочитают общение через социальные сети и мессенджеры (39,8%), однако традиционное общение также остается популярным (35,3%). Некоторые респонденты считают, что в будущем люди будут использовать программы для веб-конференций (22,3%), что указывает на растущий интерес к видеосвязи и виртуальным встречам [2]. В ходе исследования было также выяснено, насколько готовы студенты инвестировать свои финансовые средства в развитие технологий ИИ. Большинство участников выразили готовность к таким инвестициям, хотя значительная часть предпочла бы отложить это на будущее. Чуть больше трети опрошенных (36,8%) отказались от идеи вложений, что может быть связано с опасениями по поводу финансовых рисков и неопределенности.

Развитие технологий ИИ оказывает значительное влияние на различные сферы жизни, включая производство, образование и социальные отношения. Внедрение ИИ открывает новые возможности и перспективы, но также предъявляет новые вызовы и требует внимательного подхода к решению возникающих проблем. Результаты исследования показывают, что студенты открыты к новым технологиям и признают их потенциал, но также выражают опасения по поводу возможных негативных последствий. В будущем необходимо учитывать как положительные, так и отрицательные аспекты развития ИИ, чтобы обеспечить его эффективное и безопасное применение [3]. Дальнейшие исследования и разработка рекомендаций помогут максимизировать выгоды от использования ИИ и минимизировать риски, связанные с его внедрением.

Список использованных источников

1. Глуздов Д.В. Перспективы преодоления противоречий развития искусственного интеллекта // Философия и культура. – 2023. – №. 4. – С. 205–216.
2. Коган Е.А. К вопросу о перспективах внедрения онлайн-образования в техническом вузе // Инновации в образовании. – 2019. – №. 10. – С. 72–78.
3. Семина Т.В., Го Вэй. Воздействие технологий искусственного интеллекта на социальные отношения // Социология. – 2022. – №. 3. – С. 173–178.

УДК 519.23, 004.032.26

VERSENY – СЕРВИС ПО СОЗДАНИЮ КОНКУРСОВ

Луценко Н.В. (студент, университет «Туран-Астана», Казахстан, г. Астана)
Научные руководители: ст. преподаватели Конев А.С., Токешева К.Н. (университет «Туран-Астана», Казахстан, г. Астана)
e-mail: a.konev@tau-edu.kz, tokesheva@tau-edu.kz

В работе описана разработка единой платформы для создания конкурсов и дальнейшего их редактирования. В практической части описаны какие инструментальные средства, языки программирования, архитектуры, схемы были использованы в данном проекте как с клиентской, так и с логической части HTML, CSS (Sass), React, Mobx, Material UI, Php, Laravel.
Ключевые слова: *HTML, CSS (Sass), React, Mobx, Material UI, Php, Laravel.*

В текущие время проведение различных конкурсов и соревнований становится все более популярным и востребованным среди обычных пользователей сети, так и у коммерческих организаций, так и в образовательной и развлекательной сферах.

Конкурсные процессы требуют более значительных временных и организационных затрат. Поэтому наличие удобного веб-сервиса, который сможет автоматизировать ключевые этапы, является актуальной потребностью. Уже созданные решения, которые сейчас уже используются, либо слишком сложны и дороги для небольших организаций или других образовательных мест, а также имеют ограниченный функционал.

Когда не имеется единой платформы, которая позволяет своевременно и четко организовать разные типы конкурсов, например, это могут быть викторины, разные голосования и так далее, со всем необходимы функционалом внутри сервиса.

Сложность внедрения конкурсов в уже созданные и существующие веб-ресурсы организаторов, например, как социальные сети, различные веб-приложения и сайты, неудобны и не практичны поэтому предлагаем в данном проекте создать сервис, который будет включать в себя разный функционал (простой по этапный конструктор конкурса, удобный редактор уже созданных конкурсов и т. д.). Возникают трудности с привлечением новых участником и управлением, а также с организацией призов и наград участникам, поэтому сервис «Verseny» подходит для этого идеально.

«Verseny» является сервисом и выполняет самые базовые функции для создания конкурсов (создание конкурсов, редактирование уже созданного конкурса). Сервис для создания конкурсов позволяет пользователям регистрироваться в сервисе, создавать конкурсы, производить поиск конкурс по категориям, подписываться на других пользователях, изменять данные профиля, модератор конкурса может свободно изменять данные своего конкурса, пользователи могут отправлять свой файлы для оценивания собственных работ, смотреть профиля других пользователей.

Цель проекта – создание единой платформы для создания конкурсов и дальнейшего их редактирования. В данном проекте рассматривались следующие задачи: поиск одаренных участников, создание аудиторией по своим интересам, удобное создание конкурсов, редактирование уже созданных конкурсов.

При выполнении данного проекта была использована методология как эксперимент, с помощью которого рассмотрены все варианты проведения конкурсов, следовательно, можно будет вывести все преимущества и недостатки проекта.

В практической части описаны какие инструменты, языки программирования, архитектуры, схемы были использованы в данном проекте как с клиентской, так и с логической части.

Редактор кодом был выбран Visual Studio Code (VSC). Visual Studio Code – является самым базовым редактором кода, был разработанной компанией «Microsoft» для операционных систем Windows, Linux, macOS. Позиционируется как «легкий» редактор кода для разработки и создания кроссплатформенных программ [1].

Клиентская часть проекта – эта часть проекта, которую непосредственным образом будет

взаимодействовать пользователь сервиса, это может быть взаимодействие с интерфейсом (кнопка, интерактивность с меню сайта, взаимодействие со своим профилем и т. д.).

Когда идет речь о клиентской части, стоит также отметить, что всегда имеются инструменты, без которых не может начаться разработка клиентской части, речь идет об HTML, CSS.

CSS – является формальным языком описания внешнего вида веб-страницы, написанным с использованием языка разметки (HTML) [2]. Хочется отметить, что CSS довольно прост в использовании, но опытные верстальщики или же fronted разработчики предпочитают использовать препроцессоры такие как SCSS, SASS.

Препроцессы – это еще один удобный инструмент для разработчика, которыйв основном используется для того, чтобы упростить разработку клиентской части. В данной работе был использован предпроцессор SCSS, так как синтаксисом он схож сCSS.

Языком программирования для клиентской части проекта был выбран Java-Script (ECMAScript), но написанной на библиотеке React. Java-Script является динамическом языком программирования, его специфика применения больше завязана на веб-разработке для интерактивности веб-страниц.

React является библиотекой Java-Script с открытым кодом, для создания пользовательских внешних интерфейсов и была разработана компанией Facebook. Целью React является возможность предоставить более быструю скорость разработки приложения, его простоту и масштабируемость [3]. Структура проекта на React представляет собой небольшие компоненты, которые могут применяться где-либо в удобном месте проекта, к примеру, можно сказать у нас имеется компонент кнопка, она может быть использована на разных страницах и быть вставлена как компонент, следовательно, получается универсальность внутри проекта.

Для создания гибкого и масштабируемого интерфейса, была выбрана библиотека Material UI. Material UI представляет собой библиотеку, с уже готовыми компонентами (такие как кнопка, таблицы, label, текстовые поля и так далее). Из особенностей библиотеки Material UI можно выделить: компонентная архитектура, стилизация с помощью CSS-in-JS, доступность, кастомизация.

Клиентская часть важна, но стоит также обратить внимание, а как соединитьUI (User Interface) с логикой проекта, на помощь приходит можно так охарактеризовать посредник Mobx.

Mobx – это библиотека, позволяющая разработчикам использовать инструмент для глобального использования переменных или же методов между разными компонентами проекта.

Mobx довольная простая и понятная в реальном использовании библиотека, в своей реализации Context API, если сравнивать с Redux, она требует минимум шаблонного кода для инициализации самого Store (хранилище). Сам Store легко масштабируемы, можно легко понять и определить область их видения [4].

Flux – это архитектура, которую представила компания Facebook. Это не фреймворк, или библиотека, это абсолютно новый архитектурный подход, которыйдополняет принцип однонаправленного потока определенных данных [4].

На рисунке 1 показано более подробно как работает структура работы с данными благодаря архитектуры Flux.

Следует дополнить о том, как устроена регистрация, авторизация, восстановление, создание конкурса на следующих рисунках 2, 3.

На рисунке 2 полностью расписано, последовательность действий при разных действиях. К примеру, можно регистрацию. Сперва пользователь переходит на страничку регистрации, затем вводит данные, после корректности данных код приходит на электронную почту пользователя, затем пользователь переходит на страничку авторизации, где уже вводит свои данные, и переходит на главную страницу проекта.

Рис. 1. Схема работы данных между UI и сервером

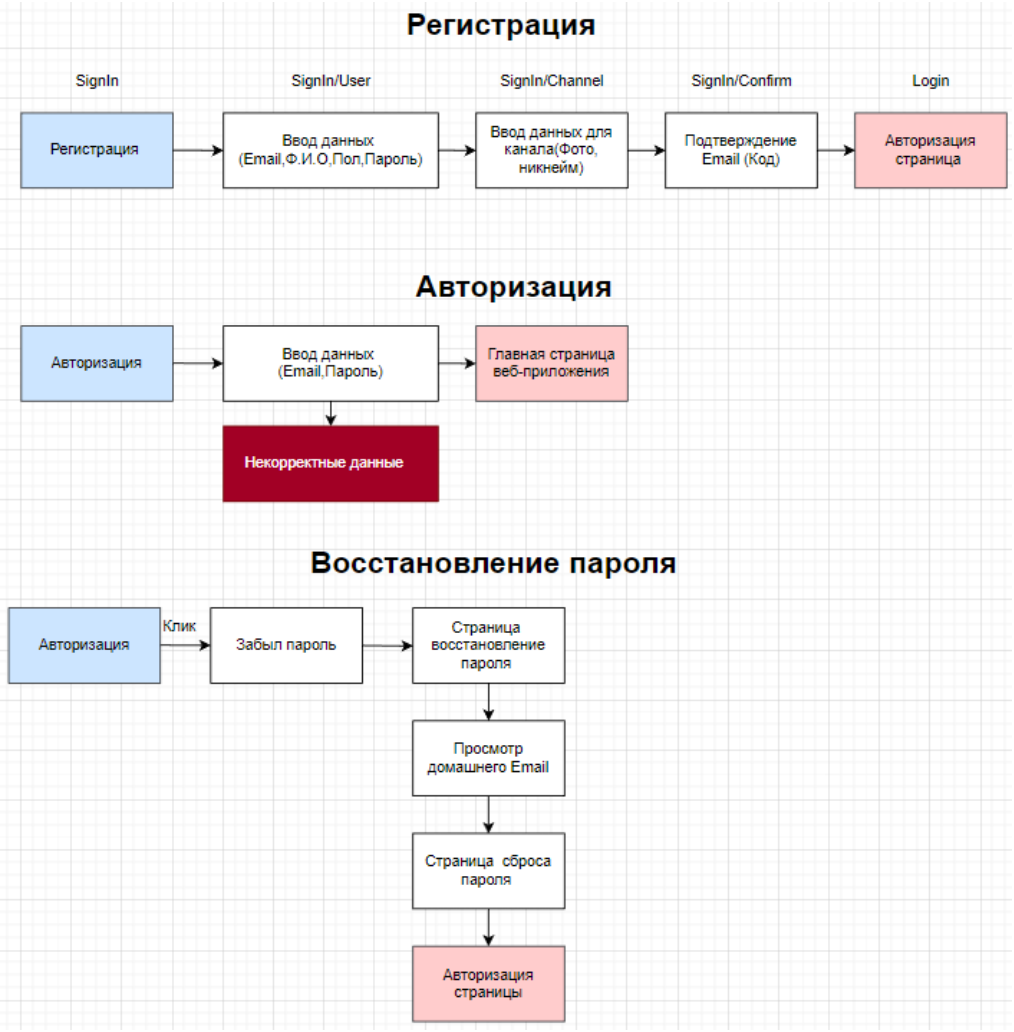


Рис. 2. Схема Регистрации, Авторизации, Восстановление пароля

Цикл создания конкурса является фундаментальной частью проекта, поэтому создан простой процесс создания конкурса, который состоит их нескольких шагов, описанных на рисунке 3: Добавление главных данных, Описание конкурса. Добавление мест, призов, Условия конкурса, Результат.

Рис. 3. Схема Создание конкурса

После создания конкурса перебрасывается на страницу Мой канал, в дальнейшем внутри данной страницы появится уже ново созданный конкурс.

Серверная часть проекта – будет являться та часть проекта, которую непосредственном образом будет взаимодействовать с сервером, это может быть (запросы, роутеры и т.д.).

Языком программирования для серверной части проекта был выбран Php, но написанной на фреймворке Laravel. Php является довольно распространённым языком программирования общего назначения с открытым исходным кодом. Его специфика в том, что сам Php сконструирован для веб-разработок, сам код Php может внедряться непосредственно в HTML [8]. PHP отличается от Java-Script тем, что Php-скрипты выполняются на сервере и генерирует сам HTML, который сам посылается клиенту. PHP крайне прост для освоения, но вместе с тем способен удовлетворить запросы программистов.

API (Application Programming Interface) – представляет собой набор способов и правил, по которым различные программы общаются между собой и обмениваются данными также [5].

Структура API представляется в основном иерархическом порядке, как логическая взаимосвязь URL и данных, получаемых по данному URL. Соблюдая все требования REST API, разработчик получает несколько преимуществ, а именно:

- надежность — не придется сохранять всю информацию о клиенте;
- высокая производительность — благодаря грамотному кэшированию;
- хорошая масштабируемость;
- возможность простого изменения;
- портативность отдельных элементов;
- простой интерфейс;
- прозрачное взаимодействие.

Rest API напрямую взаимодействует с базой данных. Структура базы данных представляет собой: таблицы; поля, входящие в таблицы; внешние ключи; типы данных полей; связи между таблицами.

На рисунке 4 показана структура базы данных.

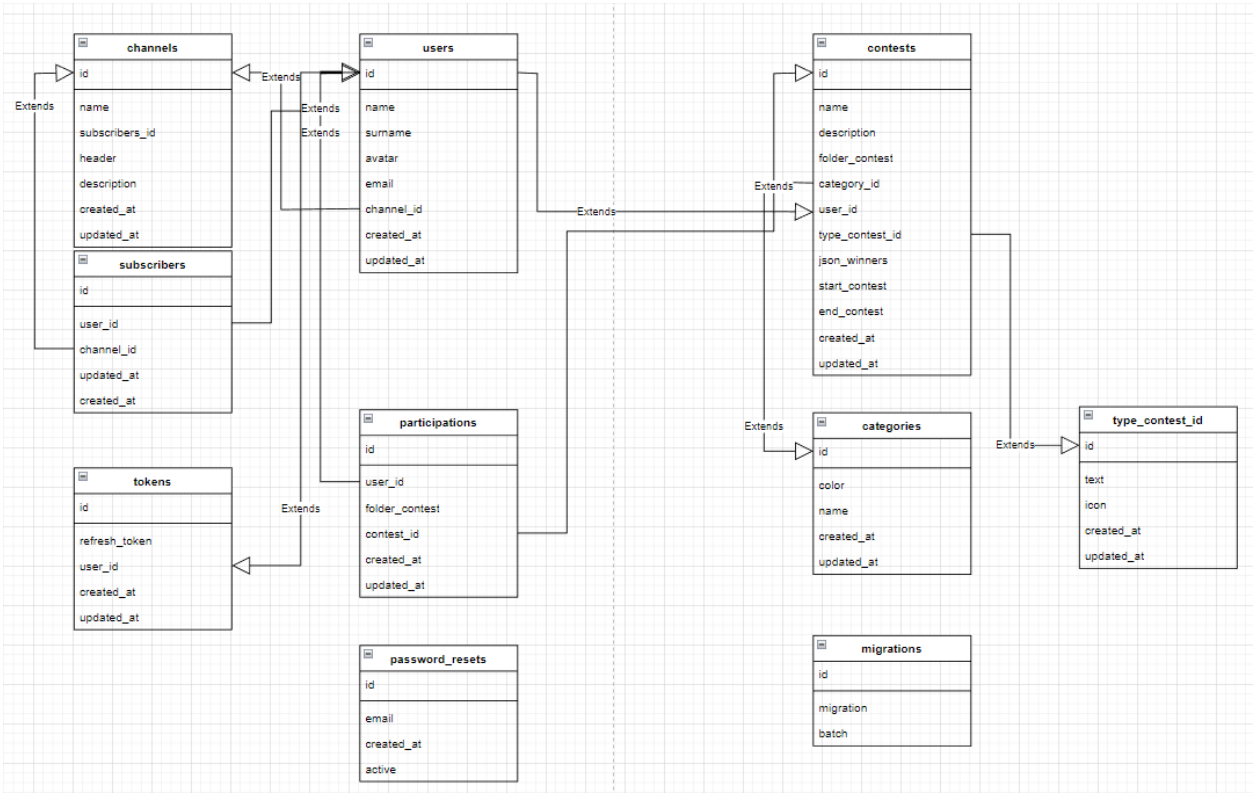


Рис. 4. Структура базы данных

Таким образом, данная работа, являющиеся сервисом по созданию конкурсов, можно считать сформированной и готовой для дальнейшего развития.

Во время разработки проекта автор познакомился с первую очередь с предметной областью, а именно с реальной разработкой веб-приложений, веб-сервисов. Разрабатывая данный сервис, автор углубил свои знания в разных технологиях такие как Html, CSS (Sass), React, Mobx, Material UI, Php, Laravel.

Список использованных источников

1. Johnson B. Visual Studio Code: End-to-End Editing and Debugging Tools for JavaScript Developers // Microsoft Press. – 2018. – 211 p.
2. Daniel Pritchett. Learning Visual Studio Code. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.packtpub.com/en-us/product/visual-studio-code-for-c-developers-9781803230276?type=subscription (дата обращения: 20.08.2024).
3. Banks A., Porcello E. Learning React: Functional Web Development with React and Redux // O'Reilly Media. – 2020. – 348 p.
4. Jepsen D.M.H. Learning MobX // Packt Publishing. – 2021. – 236 p.
5. Ogundipe O. Mastering Material-UI // Packt Publishing. – 2021. – 534 p.

УДК 519.23, 004.032.26

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВЫБОРА ВХОДНОГО НАБОРА ДАННЫХ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ СВОЙСТВ ВОЛОКНИСТЫХ КОМОПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕХАНИЧЕСКИ МОТИВИРОВАННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Никишин А.П. (студент, Университет ИТМО)
Научный руководитель: к.ф.-м.н., доцент Михайлова Е.Г. (Университет ИТМО)
e-mail: andjix_17@mail.ru

В данной работе исследуется применение полносвязных нейронных сетей для анализа и определения эффективных свойств однонаправленных волокнистых композитных материалов. Основное внимание уделяется критическому анализу и подготовке входных данных, что является ключевым для обучения нейронных сетей. В статье подробно рассмотрены методы анализа распределений входных и выходных данных, подчеркивая необходимость их согласованности для достижения сходимости и точности моделирования. Результаты исследования демонстрируют, что качественная подготовка данных значительно повышает точность прогнозирования свойств композитов, что открывает новые возможности для их использования в различных инженерных приложениях.
Ключевые слова: *композиционные материалы, волокнистые композиционные материалы, нейронные сети, моделирование, плотность распределения.*

Мотивация: исследование направлено на повышение точности определения эффективных упругих характеристик однонаправленных волокнистых композитных материалов (ОВКМ), которые представляют собой специфический класс волокнистых композитов. Методология исследования основывается на применении методов искусственного интеллекта, в частности, нейронных сетей (НС). В рамках работы особое внимание будет уделено подбору обучающего набора данных для нейронной сети, с акцентом на учет типа распределения данных.

Цель исследования: изучение механических характеристик композитных материалов на макроскопическом уровне, которые определяются через параметры составляющих их изотропных компонентов, обладающих двумя независимыми модулями упругости E и коэффициентом Пуассона ν. В рамках данного исследования осуществляется анализ прогнозирования эффективных упругих свойств ОВКМ. Предполагается, что эффективные значения матриц жесткости и податливости таких материалов могут быть описаны пятью независимыми инженерными константами: модулями Юнга вдоль и поперек волокон E_{11} и E_{22}, модулями сдвига вдоль и поперек волокон G_{12} и G_{23} и основным коэффициентом Пуассона ν_{12}.

Методы моделирования: исследования механических свойств ОВКМ включают разработку различных феноменологических моделей и моделей упругого приближения (модели конечно-элементной гомогенизации). В основе большинства феноменологических моделей лежит классическое правило смесей [1, 2], в свою очередь полуэмпирические модели улучшают это правило за счет корректирующих коэффициентов, например модели Халпина – Цая [3] и Чамиса [4]. Модели упругого приближения и гомогенизации представлены моделью Мори – Танака [5, 6].

Проблематика: традиционные аналитические методы демонстрируют высокую эффективность при определении модуля Юнга вдоль волокон композитных материалов (табл. 1 [7]). Однако, когда речь заходит о измерениях в поперечном направлении, структурные особенности материала, включая распределение волокон, существенно усложняют процесс. Компьютерные технологии, такие как метод гомогенизации с использованием конечных элементов (КЭ), позволяют достигать высокой точности в определении общих характеристик, но при этом требуют значительных вычислительных ресурсов. Эти методы применялись для анализа свойств данных в учебных наборах.

Проблемы вычислительных методов: несмотря на их эффективность, применение вычислительных методов ограничено в задачах, где необходимо изолировать и анализировать

отдельные характеристики для моделирования уникальных типов композитов. В таких случаях требуются альтернативные подходы.

Роль нейронных сетей: в этом контексте НС представляют собой обнадеживающее решение. Они могут существенно упростить процесс моделирования, однако для достижения результатов, сравнимых с классическими методами КЭ, критически важным является выбор адекватной архитектуры нейронной сети и обеспечение высокого качества данных в обучающих наборах.

Основная задача в обучении НС сводится к определению качественного набора данных для тренировки. В первой таблице представлены материалы, традиционно применяемые как связующие элементы в производстве композитов, тогда как вторая таблица содержит данные о свойствах армирующих волокон. Для проведения исследования были выбраны значения модулей упругости Юнга для связующих и армирующих волокон при различных объемных долях. На их основе были вычислены эффективные характеристики материалов, которые использовались в качестве выходных данных слоя.

Таблица 1. **Полимеры, используемые в качестве матрицы в композитных материалах**

Материал	Модуль Юнга, ГПа	Коэффициент Пуассона
PEI	2,7–6,4	0,30–0,36
PEEK	3,1–8,3	0,27–0,30
PMAA	2,8–3,4	0,32–0,35
PET	2,5–4,0	0,30–0,35
PA 6	2,8–2,9	0,30–0,35
PP	1,0–2,0	0,27–0,30
PBT	1,8–2,5	0,32–0,36
PU	0,1–0,7	0,27–0,30
PA 12	0,5–1,9	0,30–0,35
PES	2,4–8,6	0,32–0,38

Таблица 2. **Волокна, используемые в качестве армирования в композитных материалах**

Материал	Модуль Юнга, ГПа	Коэффициент Пуассона
Flax fibers	50,0	0,20–0,30
Graphite	3,3	0,28–0,30
Glass fibers	70,0-90,0	0,20–0,30
Hemp fibers	64,0	0,25–0,35
Jute fibers	26,5	0,20–0,30
Carbon fibers	230,0–725,0	0,20–0,30

В качестве входных параметров используются модули Юнга и коэффициенты Пуассона для армирующих и связующих компонентов: E_m, E_f, ν_m, ν_f. Используя эти параметры, можно вычислить коэффициенты Ламе по следующим формулам:

$$\lambda = \frac{\nu E}{(1+\nu)(1-\nu)},\ \mu = \frac{E}{2(1+\nu)}. \quad (1)$$

Анализ входного набора данных с использованием классического правила смесей (2) не показал высокой эффективности, что потребовало применения более сложных методов. В рамках предложенной работы было развито представление об использовании тензорного анализа для характеристики макроскопических механических характеристик гомогенизированных материалов через эффективный тензор жесткости (3).

$$E_{11} = V_m E^m + V_f E^f,\ E_{22} = \frac{E^f E^m}{V_f E^m + V_m E^f}, \quad (2)$$

$$\hat{C} = A \cdot\cdot\ C_{voigt} \cdot\cdot A + B \cdot\cdot\ C_{reuss} \cdot\cdot B. \quad (3)$$

Тензоры четвертого порядка, включающие коэффициенты, необходимые для описания механических свойств элементов композита, оказываются чрезвычайно сложными для аналитического и численного изучения из-за комплексности взаимодействий внутри материала. В связи с этим, для обучения нейронной сети были выбраны компоненты тензора, полученные путем комбинации тензоров жесткости согласно моделям Фойгта и Рейса:

$$\hat{C}_{11}^{voigt} = V_f + V_m \frac{(\lambda^m + 2G^m)}{(\lambda_f + 2G^f)},\ \hat{C}_{12}^{voigt} = V_f + V_m \frac{\lambda^m}{\lambda_f},\ \hat{C}_{44}^{voigt} = V_f + V_m \frac{G^m}{G^f}, \quad (4)$$

$$\hat{C}_{11}^{reuss} = \frac{S_{11}+S_{12}}{S_{11}^2+S_{11}S_{12}-2S_{12}^2},\ \hat{C}_{12}^{reuss} = -\frac{S_{12}}{S_{11}^2+S_{11}S_{12}-2S_{12}^2},\ \hat{C}_{44}^{reuss} = \frac{1}{S_{44}}, \quad (5)$$

$$S_{11} = V_f + V_m \frac{E^f}{E^m},\ S_{12} = -V_f \nu^f - V_m \frac{\nu^m E^f}{E^m},\ S_{44} = V_f + V_m \frac{G^f}{G^m}. \quad (6)$$

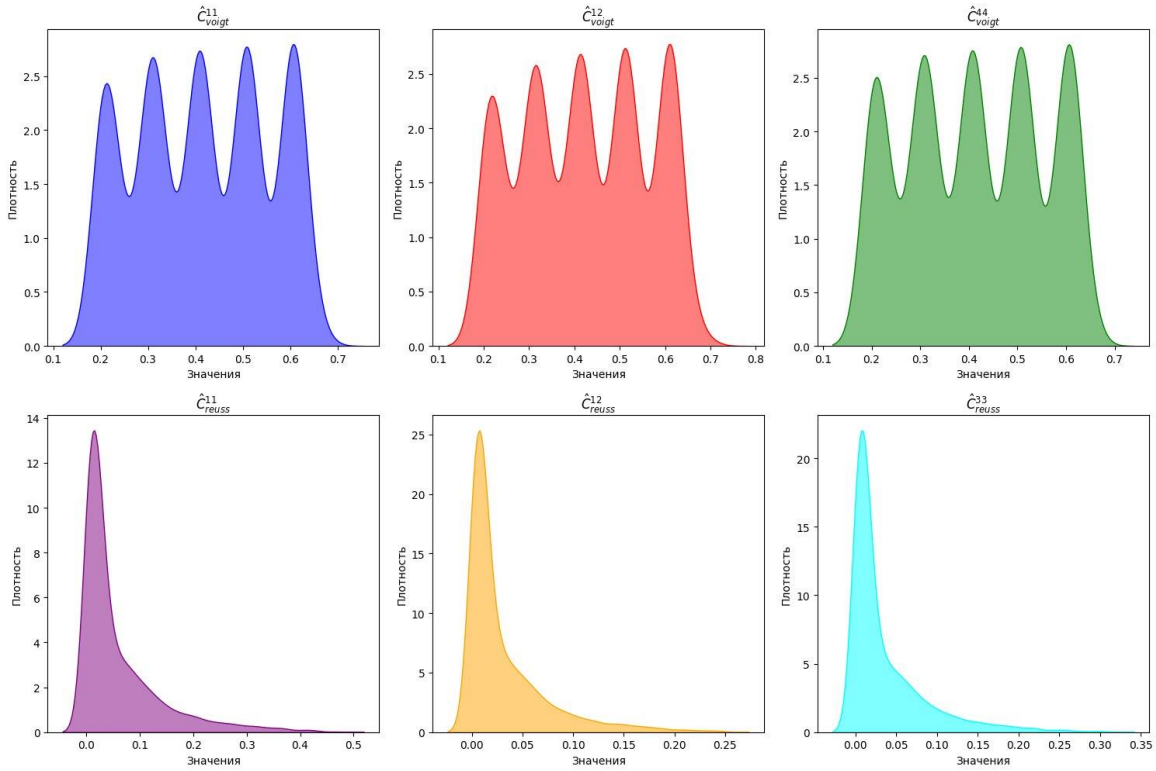


Рис. 1. Плотность распределения данных входного слоя

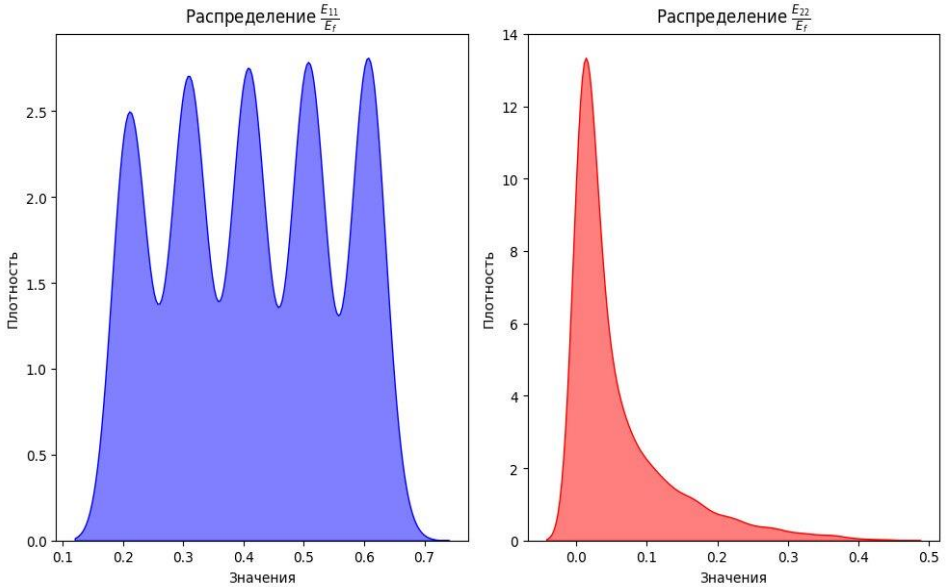


Рис. 2. Плотность распределения данных выходного слоя E_{11} и E_{22}

С использованием метода ядерной оценки плотности были построены непрерывные распределения независимых переменных входного и выходного слоёв (рис. 1 и 2). Стоит отметить, что выбранная архитектура нейронной сети (рис. 3) обеспечивает схожесть распределений входного и выходного слоев. Выбор такого входного набора оправдывается тем фактом, что она способна обрабатывать данные о структуре и свойствах композитных материалов, предоставляя более глубокое понимание взаимосвязей между структурой и функциональными характеристиками. Наличие связей помогает учитывать микроструктуру композиционного материала.

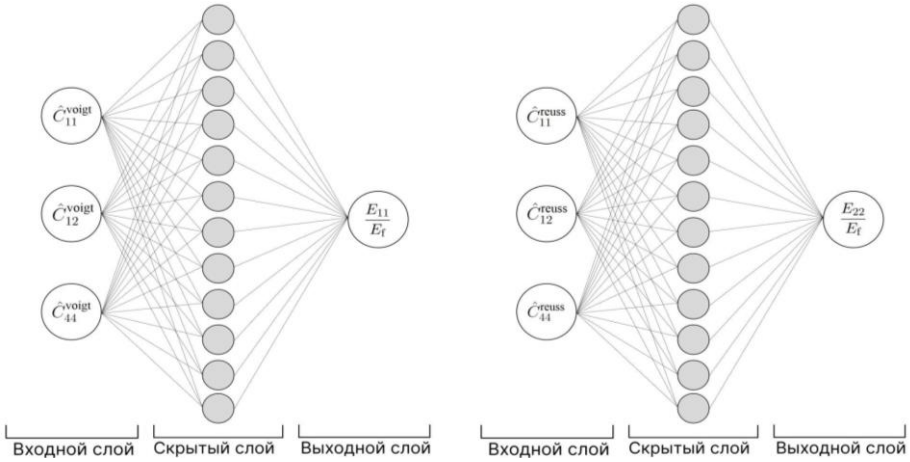


Рис. 3. Структура полносвязной нейронной сети с одним скрытым слоем для определения модуля Юнга в продольном и поперечном направлениях

В процессе численных исследований было осуществлено обучение нейронной сети с применением различных функций активации, включая классическую функцию ReLU, а также более специфические функции: LeakyReLU и ELU. Подчёркнуто, что выбор конкретной функции активации имеет решающее значение для определения точности и эффективности обучения указанных сетей. На рисунке 4 представлены графики зависимости относительной ошибки для модуля Юнга в продольном направлении при использовании входного слоя с распределением, аналогичным архитектуре, показанной на рисунке 3. На втором графике иллюстрируется случай, при котором входной слой имеет распределение, существенно отличающееся от выходного, что приводит к начальному расхождению решений. Подобные результаты были также зафиксированы для других эффективных характеристик материалов.

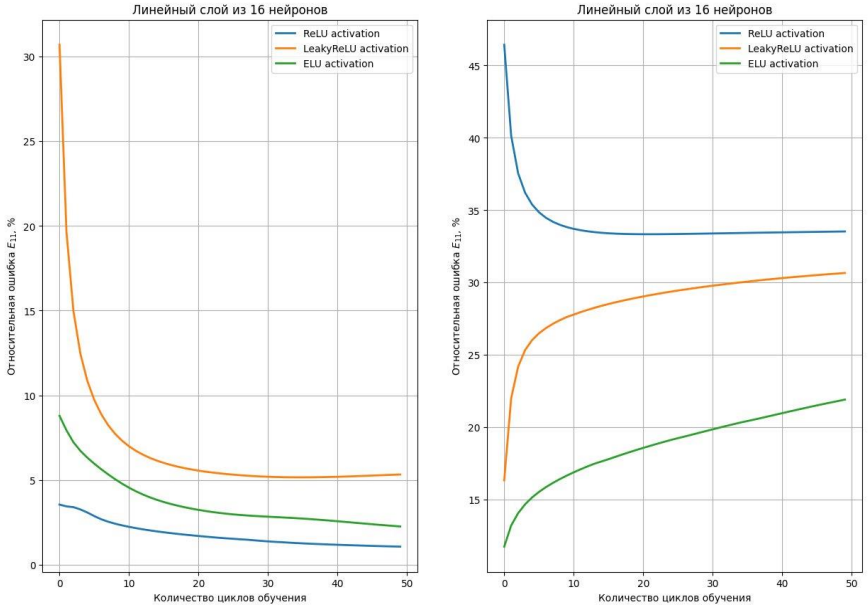


Рис.4. График зависимости относительной погрешности на валидационной части выборки

В данной работе проведен тщательный анализ влияния характеристик входных данных на процесс обучения нейронной сети, целью которого было исследование возможностей нахождения эффективных свойств однонаправленных волокнистых композиционных материалов. Основной вывод заключается в том, что характер распределения входных данных оказывает критическое воздействие на качество и результативность обучения. Проведенные эксперименты показали, что при существенных различиях между распределениями входных и выходных данных процесс обучения нейронной сети становится неэффективным, что подтверждается расходимостью графика ошибок по мере увеличения числа обучающих циклов. Важно отметить, что разработанная методика определения эффективных характеристик ОВКМ не только способствует пониманию макроскопических свойств, но и открывает перспективы для применения данного подхода к анализу других типов композиционных материалов, что может существенно расширить область их применения в промышленности и науке.

Список использованных источников

1. Voigt W. Ueber die Beziehung zwischen den beiden Elasticitätsconstanten isotroper Körper // Annalen der physik 274.12. – 1889. – Pp. 573–587.
2. Reuß A. Berechnung der fließgrenze von mischkristallen auf grund der plastizitätsbedingung für einkristalle // ZAMM-Journal of Applied Mathematics and Mechanics/ Zeitschrift für Angewandte Mathematik und Mechanik 9.1. – 1929. – Pp. 49–58.
3. Halpin Affdl J.C., Kardos J.L. The Halpin-Tsai equations: a review // Polymer Engineering & Science 16.5. – 1976. – Pp. 344–352.
4. Chamis C. Mechanics of composite materials: past, present, and future // Composites Technology and Research 11.1 – 1989. – Pp. 3–14.
5. Tanaka M. Average stress in matrix and average elastic energy of materials with misfitting inclusions // Acta metallurgica 21.5. – 1973. – Pp. 571–574.
6. Муйземнек А.Ю. Иванова Т.Н. Карташова Е.Д. Сопоставление результатов экспериментального и расчетного определения эффективных характеристики упругих свойств полимерных слоистых композитов из углеи стеклотканей // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Механика 2. – 2021. – С. 88–105.
7. Minchenkov K. и др. Thermoplastic pultrusion: A review // Polymers 13.2. – 2021. – 180 p. DOI: 10.3390/polym13020180.

УДК 004.9+612.8

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОВЕДЕНЧЕСКИХ ПАТТЕРНОВ НА ОСНОВЕ НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Ореховский И.А. (магистрант, Университет ИТМО)
Научные руководители: к.ф.-м.н. Самарин А.В. (Университет ИТМО)
e-mail: orekhovsky.ilya@yandex.ru

В данной статье рассматривается возможность прогнозирования поведенческих паттернов на основе нейрофизиологических данных, полученных с помощью электроэнцефалографии (ЭЭГ). В ходе исследования был использован датасет EEG Brainwave Dataset: Feeling Emotions, содержащий данные о мозговой активности, связанные с эмоциональными состояниями. Для анализа данных и их классификации была реализована модель машинного обучения на основе метода опорных векторов (SVM), которая показала высокую точность при предсказании эмоциональных состояний. В статье обсуждается важность использования нейрофизиологических данных для прогнозирования поведения, а также перспективы применения машинного обучения в этой области.

Ключевые слова: *нейрофизиология, электроэнцефалография (ЭЭГ), машинное обучение, метод опорных векторов (SVM), прогнозирование поведенческих паттернов, эмоциональные состояния.*

Нейрофизиология представляет собой междисциплинарную область науки, изучающую функциональные процессы в нервной системе, включая электрическую активность мозга и её связь с когнитивными и поведенческими аспектами человека. Современные технологии, такие как электроэнцефалография (ЭЭГ), предоставляют ценные данные о динамике мозговой активности с высокой временной разрешающей способностью и неинвазивностью, что делает их незаменимыми в исследованиях как фундаментальной, так и прикладной нейронауки [4].

Анализ ЭЭГ данных с использованием методов машинного обучения открывает новые перспективы для понимания и прогнозирования сложных поведенческих паттернов. Машинное обучение позволяет выявлять скрытые закономерности и зависимости в больших объемах данных, что вручную было бы практически невозможно. Например, исследования, проведенные Bird и коллегами [1, 2] демонстрируют эффективность использования моделей на основе опорных векторов (SVM) для классификации ментальных состояний и эмоциональных реакций, полученных с помощью ЭЭГ. Эти работы подтверждают, что интеграция нейрофизиологических данных с алгоритмами машинного обучения может значительно повысить точность и надежность систем прогнозирования поведения.

Особую актуальность данное направление приобретает в контексте развития интерфейсов мозг-компьютер (BCI), которые находят применение в реабилитации пациентов с неврологическими расстройствами, в образовательных технологиях, а также в создании персонализированных систем поддержки и умных устройств. Модели машинного обучения, такие как SVM, обладают высокой способностью к классификации и прогнозированию, что делает их идеальным инструментом для обработки и анализа нейрофизиологических данных [5].

Кроме того, развитие технологий искусственного интеллекта способствует расширению возможностей нейрофизиологических исследований, позволяя интегрировать различные источники данных и создавать более сложные и точные модели прогнозирования. Исследования в этой области не только углубляют наше понимание механизмов функционирования мозга, но и открывают новые пути для разработки инновационных решений в медицине, психологии и инженерии [3].

Настоящее исследование направлено на прогнозирование поведенческих паттернов на основе данных ЭЭГ с использованием модели SVM. В работе использован набор данных EEG Brainwave Dataset: Feeling Emotions, который включает записи ЭЭГ участников в состояниях различных эмоций. Реализация и тестирование модели SVM показали высокую эффективность в классификации эмоциональных состояний, подтверждая потенциал применения машинного обучения для анализа нейрофизиологических данных.

Датасет представлен 2132 строками и 2549 столбцами, которые отражают характеристики сигнала ЭЭГ. Для обучения модели используется весь датасет, однако для

отображения сигнала, который будет показан ниже, взята лишь часть колонок, содержащая fft (Fast Fourier Transform, FFT) или иначе быстрое преобразование Фурье.

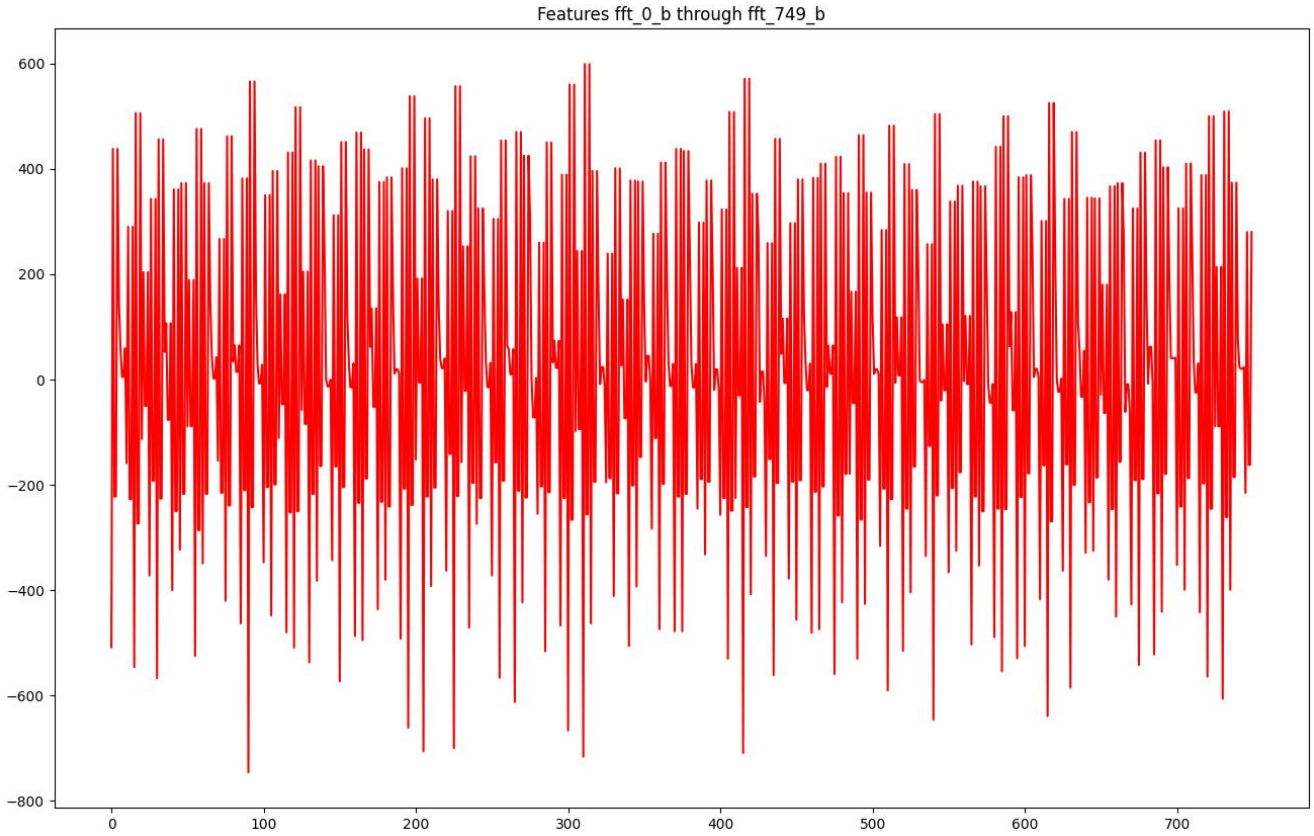


Рис. 1. Вид сигнала ЭЭГ

В данном исследовании была поставлена цель классифицировать эмоциональные состояния (негативное, нейтральное, позитивное) на основе ЭЭГ-данных. Для достижения этой цели был использован алгоритм Support Vector Machine (SVM). Как упоминалось в источнике [1, 2], этот метод хорошо себя показал в задаче классификации, используя этот набор данных.

Исходные данные представляют собой набор характеристик ЭЭГ, извлечённых из записей, сделанных во время просмотра фильмов. Данные содержат различные метрики, такие как средние значения сигналов и частотные характеристики, полученные с помощью быстрого преобразования Фурье (FFT). Для обучения модели были выделены признаки и метки классов. Метки эмоциональных состояний были преобразованы в числовой формат: негативное (0), нейтральное (1), позитивное (2). Перед обучением модели данные были нормализованы, это продиктовано необходимостью выравнивания масштаба данных для обучения. После обучения были получены следующие метрики качества, указанные в таблице.

Таблица. **Отчёт о результатах классификации**

class	precision	recall	f1-score	support
NEGATIVE	0,96	0,97	0,97	216
NEUTRAL	1,00	0,99	0,99	215
POSITIVE	0,97	0,96	0,96	209
accuracy			0,97	640
macro avg	0,97	0,97	0,97	640
weighted avg	0,97	0,97	0,97	640

Показатели достаточно высокие. Это можно объяснить в первую очередь качественно подготовленным датасетом, сбалансированными, линейно разделимыми и размеченными

классами. Для наглядности обратимся к матрице ошибок, это тепловая карта, показывающая, как часто модель правильно или неправильно классифицирует примеры. Она отображает количество верных и ошибочных предсказаний для каждого класса и помогает визуализировать производительность классификатора.

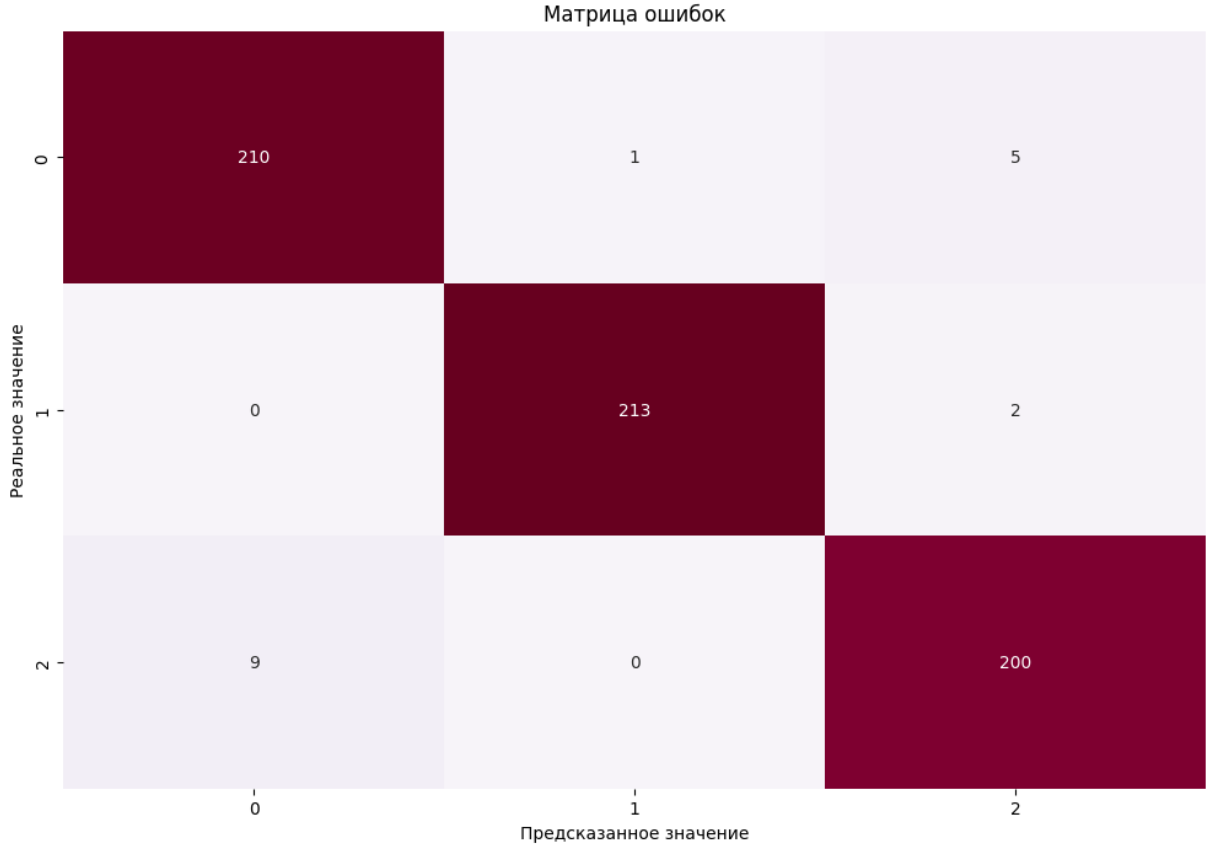


Рис. 2. Матрица ошибок модели SVM

Модель демонстрирует отличные результаты с общей точностью 97%, что свидетельствует о высокой эффективности многоклассовой классификации (NEGATIVE, NEUTRAL, POSITIVE).

Показатели precision, recall и F1-score для каждого класса находятся в диапазоне 0.96–1.00, что говорит о том, что модель одинаково хорошо справляется с предсказаниями для всех классов, минимально ошибаясь как в ложных положительных, так и в пропущенных примерах.

В заключении о возможностях предсказания паттернов поведения можно отметить значительные успехи, достигнутые благодаря слиянию машинного обучения с нейробиологией и поведенческой физиологией.

Применение глубокого обучения для анализа данных ЭЭГ и поведения позволяет выявлять сложные взаимосвязи в работе мозга и предсказывать поведенческие реакции с высокой точностью.

Прогнозирование поведенческих паттернов, основанное на движениях и социальных взаимодействиях животных, также достигло значительного прогресса. Программа DeepOF, разработанная в институте Макса Планка, использует маркеры тел для анализа поведения в реальных условиях, помогая расшифровывать сложные социальные взаимодействия и связывать их с нейронной активностью [6]

Интеграция данных о движениях, нейронной активности и физиологических реакциях с методами машинного обучения не только повышает точность анализа, но и позволяет перейти от наблюдения отдельных эпизодов к предсказанию будущих действий.

Это открывает новые горизонты для разработки приложений в области здравоохранения, таких как индивидуализированные стратегии лечения и улучшение диагностики психических расстройств [7].

Список использованных источников

1. Bird J.J. et al. A study on mental state classification using EEG-based brain-machine interface // 9th International Conference on Intelligent Systems. – IEEE, 2018. DOI: 10.1109/IS.2018.8710576.
2. Bird J.J. et al. Mental emotional sentiment classification with an EEG-based brain-machine interface // The International Conference on Digital Image and Signal Processing (DISP'19). – Springer, 2019. – 7 p.
3. Das S., Chakraborty T., Guha S. Brain–computer interface system based on tuning fork frequency stimulus brain activation // IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering. – 2016. – Т. 24. – №. 3. – Pp. 384–394.
4. Niedermeyer E., da Silva F.L. Electroencephalography: Basic Principles, Clinical Applications, and Related Fields. – Lippincott Williams & Wilkins, 2004. – 1264 p.
5. Schirrmeister R.T. et al. Deep learning with convolutional neural networks for EEG decoding and visualization // Human Brain Mapping. – 2017. – Т. 38. – №. 11. – Pp. 5391–5420.
6. Dhiman G., Viriyasitavat W., Nagar A. K. Machine and deep-learning for computational neuroscience //Frontiers in Computational Neuroscience. – 2023. – Т. 17. – P. 1218895.
7. Machine learning meets behavioral neuroscience: allowing for a more precise phenotyping. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://maxplanckneuroscience.org/machine-learning-meets-behavioral-neuroscience-allowing-for-a-more-precise-phenotyping/ (дата обращения: 18.09.2024).

УДК 004.8

АНАЛИЗ ТОЧНОСТИ ОБНАРУЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ СВЕРТКИ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Седых О.М. (студент, ЛГТУ), **Целищев А.Е.** (студент, ЛГТУ)
Научные руководители: к.ф.-м.н., доцент Орешина М.Н. (ЛГТУ), **к.т.н., доцент Сысоев А.С.** (ЛГТУ)
e-mail: raskard@yandex.ru, anatolysamaris@gmail.com

В работе рассматривается влияние различных типов сверток на точность сверточных нейронных сетей в задаче распознавания транспортных средств. Обучение и тестирование моделей производится на наборе данных, полученном при помощи камер уличного видеонаблюдения. Приводятся результаты тестирования и сравнения моделей по точности, количеству обучаемых параметров и вычислительной сложности.
Ключевые слова: *сверточные нейронные сети, свертки, SSD, транспортные средства.*

Использование технологий компьютерного зрения для решения прикладных задач порождает множество задач и проблем, для решения которых важно учитывать контекст и ограничения приложения. В системах мониторинга транспортных систем одной из проблем является низкая контрастность изображения: блики от солнечных лучей, грязь на камерах, туман, плохое освещение. Хотя такая проблема может быть решена подбором подходящего фильтра [1], это может не сработать при изменении условий, в которых работает камера, передающая видеопоток для анализа. Способы извлечения значимых признаков из матрицы изображения будут влиять на качество обнаружения объектов на уровне архитектуры, что позволило бы эффективно анализировать транспортные системы при любых условиях окружающей среды. В работе рассматриваются некоторые виды сверток и их влияние на точность распознавания транспортных средств.

Использованный набор данных

Для обучения моделей использовался набор данных из открытых источников (рис. 1), содержащий изображения легковых машин с разных ракурсов, чтобы модель была способна различать автомобили, получая изображения с камер видеонаблюдения, направленных на транспортные средства под разными углами. Для оценки (валидации) моделей использовался набор данных, собранный при помощи камер уличного видеонаблюдения города Липецка.

Рис. 1. Пример размеченного изображения

Структура SSD

Структура модели SSD [2] представляет собой объединение основных слоев и следующих за ними дополнительных слоев (рис. 2). При этом в качестве основных слоев, как правило, используют слои других моделей, например, таких как VGG [3], ResNet [4] и другие, способные эффективно извлекать значимые признаки из изображения. Помимо этих групп

слоев, в модели также присутствуют локализационные головы (слои для определения координат ограничивающих рамок объектов) и классификационные головы (слои для определения классов объектов). Каждый из локализационных и классификационных слоев получает на вход одну из шести карт признаков, которые формируются на выходе определенных основных или дополнительных слоев.

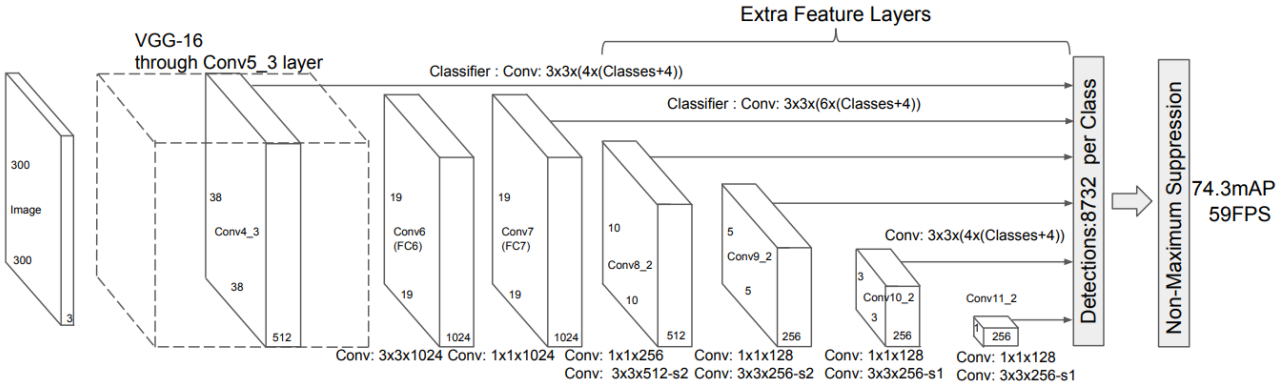


Рис. 2. Архитектура Single Shot Detector (SSD)

Виды сверток, использованные для анализа

1. Стандартная свертка [5].

В этой свертке каждый канал входного тензора проходит через набор фильтров, в результате чего получается выходной тензор. При этом выходной тензор содержит число каналов, равное числу фильтров.

2. Групповая свертка [6].

Каналы входного тензора разделяются на группы, после чего каждая группа сворачивается со своим набором фильтров. Это позволяет уменьшить количество параметров и вычислительные затраты, сохраняя при этом эффективность модели.

3. Свертка с разделением по каналам.

Каждый из каналов входного тензора сворачивается своим фильтром. Использование такой свертки значительно уменьшает количество параметров и вычислительных операций

4. Свертка с разделением по глубине [7].

Включает в себя два этапа: свертку с разделением по каналам (каждый входной канал сворачивается отдельным фильтром) и точечную свертку, которая объединяет результаты из всех каналов.

5. Свертка с расширением [8].

Используется для увеличения области восприятия фильтра без увеличения количества параметров. Фильтр применяется к входным данным с пропуском элементов (зазором), что позволяет захватывать больше контекста в данных. Параметр расширения (dilation rate) указывает, сколько элементов нужно пропустить между элементами фильтра. В работе использовался dilation rate = 2.

Создание и обучение моделей

В процессе выполнения работы было обучено 5 моделей нейронной сети, в структуре каждой из которых применялся один из приведенных выше типов свертки.

За основу всех обучаемых моделей была взята модель SSD, в которой в качестве основных слоев использовались слои модели VGG. В модели, реализующей стандартную свертку, основные слои были оставлены без изменения; в структуре всех остальных моделей они модифицировались в соответствии с рассматриваемым видом свертки.

Все модели обучались на 30 эпохах при формировании батчей по 4 изображения. На каждом проходе по набору данных батчи формировались случайным образом, тем самым минимизируя вероятность переобучения модели. Для оптимизации функций потерь на слоях использовался оптимизатор Adam при коэффициенте обучения 0,001. В качестве функции потерь применялась сглаженная функция L1.

Анализ результатов распознавания объектов обученными моделями

Для оценки точности работы модели используются следующие метрики: Precision, Recall и mAP50.

Precision показывает долю правильно предсказанных объектов ко всем предсказаниям модели, значения лежат в диапазоне от 0 до 1.

Recall показывает полноту предсказания модели – отношение предсказанных объектов ко всем объектам, которые необходимо предсказать.

mAP50 оценивает среднюю точность модели при пороговом значении IOU = 0,5.

Основной метрикой при сравнении являлась mAP50, так как она является более комплексной оценкой эффективности модели.

Результаты валидации моделей, сортированные по убыванию по значению mAP50, представлены в таблице.

Таблица. **Результаты валидации моделей**

Используемая свертка	Precision	Recall	mAP50
С разделением по глубине	0.407937	0.374206	0.763889
Стандартная	0.463492	0.467063	0.689815
С расширением	0.371429	0.359048	0.659568
С разделением по каналам	0.415873	0.420026	0.621656
Групповая	0.821746	0.740979	0.493416

В ходе исследования выявлено, что при решении задачи обнаружения транспортных средств на дорогах в условиях низкой контрастности лучше всего по метрике mAP50 работает модель со сверткой с разделением по глубине, используемой в той части нейронной сети, которая осуществляет извлечение значимых признаков из изображения. Причем другие варианты сверточных слоев показывают себя хуже по сравнению со стандартной сверткой. Таким образом, модели, использующие свертки с разделением по глубине, имеют наибольший потенциал в приложениях мониторинга транспортных систем.

Список использованных источников

1. Sedykh O., Tselishchev A. Analysis of the Impact of Filters and Wavelet Transformations on Object Detection Quality on the Example of Vehicles Images // 4th International Conference on Technology Enhanced Learning in Higher Education (TELE). – 2024. – Pp. 324–327.
2. W. Liu, D. Anguelov, D. Erhan SSD: Single Shot MultiBox Detector. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://arxiv.org/pdf/1512.02325 (дата обращения: 29.08.2024).
3. Simonyan K., Zisserman A.Very Deep Convolutional Networks for Large-Scale Image Recognition. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://arxiv.org/pdf/1409.1556 (дата обращения: 30.08.2024).
4. He K., Zhang X., Ren S., Sun J. Deep Residual Learning for Image Recognition. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://arxiv.org/pdf/1512.03385 (дата обращения: 30.08.2024).
5. Krizhevsky A., Sutskever I., Hinton G.E. ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://typeset.io/papers/imagenet-classification-with-deep-convolutional-neural-3kv7rezkq1 (дата обращения: 30.08.2024).
6. Szegedy C., Liu W., Jia Y. Going Deeper with Convolutions. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://arxiv.org/pdf/1409.4842 (дата обращения: 30.08.2024).
7. Chollet F. Xception: Deep Learning with Depthwise Separable Convolutions. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://arxiv.org/pdf/1610.02357 (дата обращения: 30.08.2024).
8. Yu F., Koltun V. Multi-Scale Context Aggregation by Dilated Convolutions. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://arxiv.org/pdf/1511.07122 (дата обращения: 30.08.2024).

УДК 51-7

СИСТЕМА ОЦЕНКИ СОЗДАННЫХ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ВИНК ПО ПРОГРАММЕ «ЦИФРОВАЯ ЭКОНОМИКА 2017–2025 ГГ.»

Черепов К.Р. (студент, РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина)
Научный руководитель: академик РАЕН, д.т.н., профессор Еремин Н.А. (ИПНГ РАН)
e-mail: Ckarlien@mail.ru

В процессе решения определённых задач в области прогнозирования, планирования, оперативного управления и контроля в нефтегазовом секторе возникают проблемы в виде недостаточной полноты и недостоверности исходной информации, что затрудняет применение математических методов. В подобных случаях разумно использовать экспертные оценки. Центральной идеей научных исследований, основывающихся на экспертных процедурах, заключается в разработке методики, которая объединяет интуитивно-логический анализ человека с количественными методами оценки и обработки данных. В данной работе представлена модель, позволяющая отследить текущий рейтинг внедрения инновационно-цифровых технологий. Среди них были описаны те инновационные технологии, которые позволяют оценить уровень цифровизации российских нефтегазовых компаний в средне- и долгосрочной перспективе.

Ключевые слова: *цифровые технологии, экспертная система оценивания, поток информации, обработка результатов опроса, методы экспертных оценок, построение процедур опроса, обработка результатов экспертизы, матрица приоритетов, нечеткие множества, математическая модель.*

Область применения метода экспертных оценок

При решении некоторых задач в области прогнозирования, планирования, оперативного управления и контроля в нефтегазовой промышленности возникают проблемы в виде недостаточной полноты и недостоверности исходной информации, что затрудняет применение математических методов. В таких ситуациях целесообразно прибегать к использованию экспертных оценок. Основная идея научных исследований, основанных на экспертных процедурах, заключается в разработке методики, которая объединяет интуитивно-логический анализ человека с количественными методами оценки и обработки данных. Результаты таких исследований, проведенных как внутри страны, так и за её пределами, позволяют считать экспертные оценки устоявшимся научным методом для анализа сложных неформализуемых проблем. Основные этапы и проблемы метода экспертных оценок включают проведение экспертизы, выбор экспертов, опрос экспертов и обработку результатов опроса. При этом важно учитывать не только интересы отрасли промышленности, но и общегосударственные, а иногда и общечеловеческие цели. Суть метода экспертных оценок заключается в проведении специалистами интуитивно-логического анализа проблемы с количественной оценкой суждений и формальной обработкой результатов [1–5].

Матрица приоритетов или матрица критериев является эффективным инструментом для систематизации и анализа информации в условиях неопределенности или, когда требуется определить важность различных элементов. Этот инструмент позволяет установить приоритеты и ранжировать данные на основе их относительной значимости. Применение матрицы приоритетов особенно полезно в ситуациях, когда нет четких критериев для оценки значимости данных или, когда участники принятия решений имеют различные точки зрения на приоритеты. Путем использования числовых значений и сравнения элементов между собой можно обоснованно определить, какие из них являются наиболее важными или критическими для достижения поставленных целей.

Применение свойств матриц для экспертной оценки уровня внедрения цифровых технологий

Особенности заполнения матрицы методом попарного сравнения параметров: а) установите значения равные 1 по главной диагонали, б) при попарном сравнении двух параметров предпочтительному параметру присваивайте значение равное 1, а другому – 0. Следующим шагом является исследование полученных матриц путем вычисления определителей данных матриц и выявление «скрытых» закономерностей.

Пусть дана матрица n-ого порядка, где общее количество баллов для каждого из критериев отличны друг от друга, при этом баллы предпочтения эксперты ставят либо 0, либо 1:

$$B_n := \begin{bmatrix} 1 & a_2 & a_3 & \dots & a_n \\ a_{n+1} & 1 & a_{n+3} & \dots & a_{2n} \\ a_{2n+1} & a_{2n+2} & 1 & \dots & a_{3n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n(n-1)+1} & a_{n(n-1)+2} & a_{n(n-1)+3} & \dots & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ \dots \\ b_n \end{bmatrix}, \quad (1)$$

где $b_1 = 1 + \sum_2^n a_n$;

$b_2 = 1 + a_{n+1} + \sum_{n+3}^{2n} a_n$;

$b_3 = 1 + a_{2n+1} + a_{2n+2} + \sum_{2n+4}^{3n} a_n$;

…

$b_n = 1 + \sum_{n(n-1)+1}^{n^2-1} a_n$;

где $b_1 \neq b_2 \neq b_3 \neq \dots \neq b_n$, какой-то критерий будет наихудшим и получит 1 балл, (так как все остальные критерии лучше его и остается балл, стоящий в главной диагонали).

Вычисляя определитель матрицы по возрастанию (т. е. начиная с критериев, набравших наименьшее количество баллов от 1 и до n), количество единиц в строках будет уменьшаться на один с каждым вычеркиванием столбца. При этом в следующей строке по возрастанию (с шагом единица) становится на одну единицу меньше и остается только одна единица, находящаяся на главной диагонали, где i=j и поэтому алгебраические дополнения не отрицательны.

Пусть z – количество единиц в каждой строке (они разнятся, например, критерий набравший 1 балл z=1; для критерия, набравшего 10 баллов z=10), а наибольшее количество баллов, которых критерий смог бы набрать, это n (следует из нашего изначального условия) т.е. z_{max}=n. Пусть k – количество вычеркнутых строк в результате преобразований, где k≠n.

В результате k=n–1 преобразований, получаем, что остается критерий, набравший наибольшее количество баллов z_{max}=n, при этом мы вычеркнули k=n–1 столбцов, состоящих из одних единиц, то есть в данной строке *остается* один элемент, так как у нас всего n строк и столбцов, а в результате k=n–1 преобразований остается матрица 1×1, т.е. один элемент матрицы, который равен единице (так как в результате наших преобразований остаются единичные элементы только на главной диагонали). Таким образом, была доказана вышеизложенная гипотеза. Представленный метод могут использовать эксперты для оценки критериев.

Нечеткое множество (fuzzyset) – это совокупность элементов, относительно которых нельзя точно (однозначно) утверждать – обладают ли эти элементы некоторым характеристическим свойством, которое используется для задания нечеткого множества.

Нечеткое подмножество отличается от обычного тем, что для элементов x из X нет однозначного ответа «да-нет» относительно свойства R. Нечеткое подмножество A универсального множества X определяется как множество упорядоченных пар A = (x, μ(x)), где μ(x) – функция принадлежности, принимающая любые значения от 0 до 1. Функция принадлежности указывает степень (или уровень) принадлежности элемента x подмножеству A.

Есть несколько способов задания функции:

1) табличный;

2) аналитический;

3) графический.

Носителем нечеткого множества А – это четкое подмножество универсального множества X, состоящее из элементов, которые имеют степени принадлежности, отличные от нуля.

Ядро нечеткого множества А – это четкое подмножество универсального множества X, содержащее элементы, у которых степени принадлежности равны единице.

Итак, нечеткая переменная характеризуется набором (N, X, R(N, x)), где N – название переменной; X – универсальное множество с базовой переменной x; R(N, x) – нечеткое подмножество множества X, представляющее собой нечеткое ограничение на значения переменной x, определяемое названием N.

И обобщением нечеткой переменной – является **лингвистическая переменная.**

Для определения **лингвистической переменной** необходимо указать название переменной и множество ее значений, которые называются термами, причем каждый терм представляет собой наименование отдельной нечеткой переменной α.

С помощью ПО MATLAB, а именно использования Fuzzy inference system (система нечеткого логического вывода) будем выбирать вид функции принадлежности для каждого терма.

В данной работе были использованы следующие виды функций принадлежности:

1. Треугольная функция принадлежности, $y = \mathrm{trimf}\,(x, [a, b, c])$.

$$f(x, a, b, c) = \begin{cases} 0, & x < a, \\ \dfrac{x-a}{b-a}, & a \le x \le b, \\ \dfrac{c-x}{c-b}, & b \le x \le c, \\ 0, & x > c. \end{cases} \quad (2)$$

В данной работе треугольная функция принадлежности задана на универсуме x = [0, 100], в качестве которого был выбран замкнутый интервал натуральных чисел, где a, b, c – это числовые параметры, которые могут принимать произвольные действительные значения и упорядочены следующим отношением: $a \le b \le c$.

Покажем пример задания треугольной функции принадлежности графически (рис. 1). В данном случае $a = 0; b = 50; c = 100$.

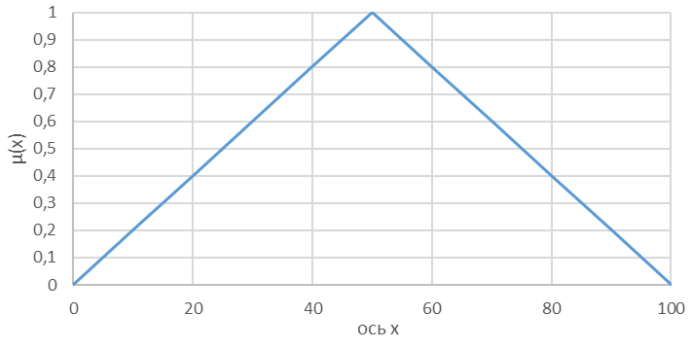


Рис. 1. График треугольной функции принадлежности

2. Трапециевидная функция принадлежности $y = \mathrm{trapmf}\,(x, [a, b, c, d])$.

$$f(x, a, b, c, d) = \begin{cases} 0, & x < a, \\ \dfrac{x-a}{b-a}, & a \le x \le b, \\ 1, & b < x \le c \\ \dfrac{d-x}{d-c}, & c \le x \le d, \\ 0, & x > d. \end{cases} \quad (3)$$

В данной работе трапециевидная функция принадлежности задана на универсуме x = [0, 100], в качестве которого был выбран замкнутый интервал натуральных чисел, где a, b, c, d – это числовые параметры, которые могут принимать произвольные действительные значения и упорядочены следующим отношением: $a \le b \le c \le d$.

Приведем пример задания трапециевидной функции графически (рис. 2). В данном случае $a = 0; b = 40; c = 60; d = 100$.

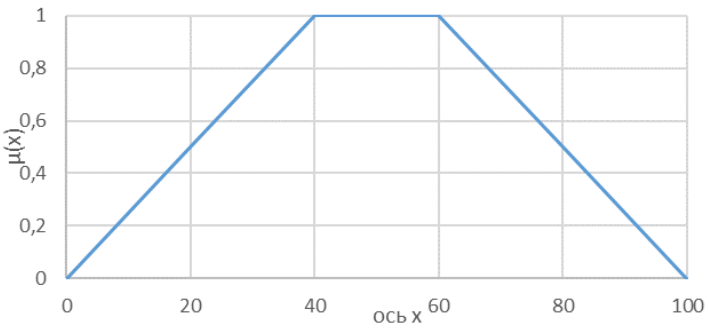


Рис. 2. График трапециевидной функции принадлежности

3. Обратная z-образная (или S-образная) функция принадлежности y = smf (x, [a b]).

$$f_z(x,a,b) = \begin{cases} 0 & x < a \\ 2\left(\frac{a-x}{a-b}\right)^2 & a \le x < \frac{a+b}{2} \\ 1-2\left(\frac{x-b}{a-b}\right)^2 & \frac{a+b}{2} \le x < b \\ 1 & x \ge b \end{cases}. \quad (4)$$

В данной работе трапециевидная функция принадлежности задана на универсуме x = [0, 100], в качестве которого был выбран замкнутый интервал натуральных чисел, где a, b – это числовые параметры, которые могут принимать произвольные действительные значения и упорядочены следующим отношением: $a \le b$.

Покажем пример задания S-образной функции графически (рис. 3). В данном случае $a = 10; b = 100$.

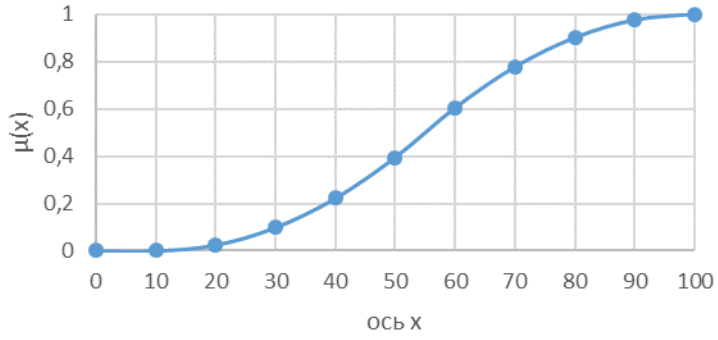


Рис. 3. График трапециевидной функции принадлежности

Используем вышеописанные нечеткие множества и функции принадлежности для оценки цифровых технологий нефтегазовых. С помощью ПО MATLAB, а именно, использования Fuzzy inference system (Система нечеткого логического вывода) будут определены стадии внедрения инновационных технологий по программе: «Цифровая экономика 2017–2024 г.»; «Экономика данных 2025–2030 г.» [6, 7].

Развитие цифровых технологий в нефтегазовых компаниях

В данной работе оценка цифровизации нефтегазовых компаний осуществлялась по следующим критериям:

1. Создание программных алгоритмов на основе нейронной сети (трехмерные цифровые модели; программный комплекс для проектирования ГРП, для обработки и интерпретации ГИС и т.д.).
2. Строительство высокотехнологичных скважин.
3. Создание цифровых двойников и интеллектуальных помощников.
4. Создание программного модуля для автоматизированного анализа и дистанционного мониторинга нефтегазового оборудования в РРВ.
5. Применение аддитивных технологий и внедрение VR/AR-технологий.
6. Разработка и внедрение квантовых технологий.
7. Автоматизация и роботизация производственных процессов.

Оценка внедрения цифровых технологий производилась по 100 бальной шкале, как показано в таблице 1.

Таблица 1. **Этапы внедрения (разработки) цифровых технологий**

1	Зарождение 0-10	0-0.1
2	Прототип 10-40	0.1-0.4
3	Пилотные 40-70	0.4-0.7
4	Опытно-промышленные 70-95	0.7-0.95
5	Промышленные работы >95	>0.95

В таблице 2 представлена оценка развития цифровых технологий в пяти российских и пяти зарубежных нефтегазовых компаний РНК1-5 и ЗНК1-5 по критериям, представленным в таблице 3.

Таблица 2. **Оценка цифровых технологий нефтегазовых компаний**

НГК	1	2	3	4	5	6	7
РНК1	81,66	40	90	85	5	0	20
РНК2	80	100	100	100	30	0	15
РНК3	46,66	100	100	100	30	0	40
РНК4	63,33	60	100	50	25	0	60
РНК5	33,33	100	100	50	30	0	50
ЗНК1	100	100	100	100	95	0	100
ЗНК2	100	100	100	100	90	0	80
ЗНК3	93,33	100	100	50	100	0	100
ЗНК4	83,33	0	100	100	95	20	100
ЗНК5	100	100	100	100	100	10	100

Таблица 3. **Критерии оценки развития цифровых технологий по наличию о них информации и частоте упоминания на страницах официальных сайтов рассматриваемых нефтегазовых компаний**

Критерий 1	Создание программных алгоритмов на основе нейронной сети (трехмерные цифровые модели; программный комплекс для проектирования ГРП, для обработки и интерпретации ГИС и т.д.)
Критерий 2	Строительство высокотехнологичных скважин
Критерий 3	Создание цифровых двойников и интеллектуальных помощников
Критерий 4	Дистанционный мониторинг нефтегазового оборудования
Критерий 5	Применение аддитивных технологий и внедрение VR/AR-технологий
Критерий 6	Разработка во внедрение квантовых технологий
Критерий 7	Автоматизация и роботизация производственных процессов

Для перехода от размерного пространства к безразмерному использовались две функции принадлежности нечетким множествам «Цифровая компания»:

1) оценка цифровых технологий при переходе от метрики к нечетким числам с использованием *линейной функции принадлежности* (табл. 4);

2) оценка цифровых технологий при переходе от метрики к нечетким числам с использованием *обратной z-образной функции принадлежности* (табл. 5).

Таблица 4. **Оценка цифровых технологий нефтегазовых компаний с использованием линейной функции принадлежности к нечеткому множеству «Цифровая компания»**

НГК	1	2	3	4	5	6	7
РНК1	0,81	0,4	0,9	0,85	0,05	0	0,2
РНК2	0,8	1	1	1	0,3	0	0,15
РНК3	0,46	1	1	1	0,3	0	0,4
РНК4	0,63	0,6	1	0,5	0,25	0	0,6
РНК5	0,33	1	1	0,5	0,3	0	0,5
ЗНК1	1	1	1	1	0,95	0	1
ЗНК2	1	1	1	1	0,9	0	0,8
ЗНК3	0,93	1	1	0,5	1	0	1
ЗНК4	0,83	0	1	1	0,95	0,2	1
ЗНК5	1	1	1	1	1	0,1	1

Таблица 5. **Оценка цифровых технологий по пяти российским и пяти зарубежным нефтегазовым компаниям с использованием обратной z-образной функции принадлежности к нечеткому множеству «Цифровая компания»**

НГК	1	2	3	4	5	6	7
РНК1	0,79	0,33	0,88	0,83	0	0	0,11
РНК2	0,77	1	1	1	0,22	0	0,05
РНК3	0,40	1	1	1	0,22	0	0,33
РНК4	0,59	0,55	1	0,44	0,16	0	0,55
РНК5	0,25	1	1	0,44	0,22	0	0,44
ЗНК1	1	1	1	1	0,94	0	1
ЗНК2	1	1	1	1	0,88	0	0,77
ЗНК3	0,92	1	1	0,44	1	0	1
ЗНК4	0,81	0	1	1	0,94	0,11	1
ЗНК5	1	1	1	1	1	0,01	1

На следующем шаге были определены степени принадлежности каждой из рассматриваемых нефтегазовых компаний нечеткому множеству «Цифровая компания» на диаграммах в семи-критерийном пространстве высоких технологий передовых технологий нефтегазовых компаний (рис. 4).

Многокритериальные оценки уровня внедрения цифровых технологий в нефтегазовых компаниях при переходе от метрического пространства к безразмерному с использованием теории нечетких чисел при использовании *линейной функции принадлежности* и *обратной z-образной функции принадлежности* примерно совпадают. Сравнивая лидирующие российские нефтегазовые компании с западными – видно отставание в следующих областях: аддитивные технологии, AR/VR технологии и в области автоматизации и роботизации производственных процессов [8, 9].

РНК1, $I_{d\,(L)}$ = 0,45, $I_{d\,(S)}$ = 0,42

ЗНК1, $I_{d\,(L)}$ = 0,85, $I_{d\,(S)}$ = 0,84

РНК2, $I_{d\,(L)}$ = 0,60, $I_{d\,(S)}$ =0,57

ЗНК2, $I_{d\,(L)}$ = 0,81, $I_{d\,(S)}$ = 0,80

РНК3, $I_{d\,(L)}$ = 0,59, $I_{d\,(S)}$ = 0,56

ЗНК3, $I_{d\,(L)}$ = 0,77, $I_{d\,(S)}$ = 0,76

РНК4, $I_{d\,(L)}$ = 0,51, $I_{d\,(S)}$ = 0,47

ЗНК4, $I_{d\,(L)}$ = 0,71, $I_{d\,(S)}$ = 0,69

РНК5, $I_{d\,(L)}$ = 0,51, $I_{d\,(S)}$ = 0,48

ЗНК5, $I_{d\,(L)}$ = 0,87, $I_{d\,(S)}$ = 0,85

Рис. 4. Оценка развития цифровых технологий в российских и зарубежных нефтегазовых компаниях – лидерах на 01.06.2024 года

Так как индекс цифровизации нефтегазовых компаний при использовании линейной функции принадлежности и обратной z-образной функции принадлежности примерно совпадают, то дальнейшее исследование проводилось только с линейной функцией принадлежности.

Следующим шагом стало ***определение веса каждого критерия***. Сотрудники двух ведущих российских компаний были приглашены в качестве экспертов для попарного сравнения определения весовых коэффициентов рассматриваемых семи критериев (табл. 6).

Таблица 6. **Результаты метода попарного сравнения важности критериев для повышения эффективности и рентабельности нефтегазового производства**

	Нейросеть	Высокотехнологичные скважины	Интеллектуальный помощник	Мониторинг в РРВ	AR/VR	Квантовые технологии	Роботизация	Σ
Нейросеть	1	0	1	0	1	1	0	4
Высокотехнологичные скважины	1	1	1	1	1	1	1	7
Интеллектуальный помощник	0	0	1	0	1	1	0	3
Мониторинг в РРВ	1	0	1	1	1	1	1	6
AR/VR	0	0	0	0	1	1	0	2
Квантовые технологии	0	0	0	0	0	1	0	1
Роботизация	1	0	1	0	1	1	1	5

Далее был определен вес каждого критерия для определения значимости данных параметров для повышения эффективности и рентабельности нефтегазового производства (табл. 7).

Таблица 7. **Вес каждого критерия**

Нейросеть	0,14
Высокотехнологичные скважины	0,25
Интеллектуальный помощник	0,10
Мониторинг в РРВ	0,21
AR/VR	0,07
Квантовые технологии	0,03
Роботизация	0,17857

Весовые коэффициенты помогают определить, насколько каждая переменная вносит вклад в решение задачи. Таким образом, при использовании весовых коэффициентов мы определим внедрение цифровизации в лидирующие российские нефтегазовые компании. Также мы определим, как веса влияют на развитие той или иной области инновационных технологий (табл. 8).

Возьмем, например, зарубежную компанию ЗНК4 – данная компания не строит высокотехнологические скважины, так как она еще не сталкивалась с трудноизвлекаемыми запасами. А, как определили эксперты, это самый важный критерий (самый большой весовой коэффициент), поэтому данная компания оказалась ниже в области индекса цифровизации, чем российские компании РНК2 и РНК3.

Таблица 8. **Индекс цифровизации нефтегазовых компаний при использовании линейной функции принадлежности с весовыми коэффициентами**

НГК	среднее арифметическое	ср.ариф. взвешенное	ср.геом. взвешенное
РНК1	0,45	**0,53**	0,32
РНК2	0,60	**0,73**	0,45
РНК3	0,59	**0,73**	0,50
РНК4	0,51	**0,57**	0,42
РНК5	0,51	**0,62**	0,42
ЗНК1	0,85	**0,96**	0,71
ЗНК2	0,81	**0,92**	0,68
ЗНК3	0,77	**0,84**	0,61
ЗНК4	0,71	**0,69**	0,09
ЗНК5	0,87	**0,96**	0,92

Следующим шагом стало определение индекса цифровизации нефтегазовой отрасли Российской Федерации.

На рисунке 5 изображены лучшие российские нефтегазовые компании по каждому из критериев при использовании линейной функции принадлежности.

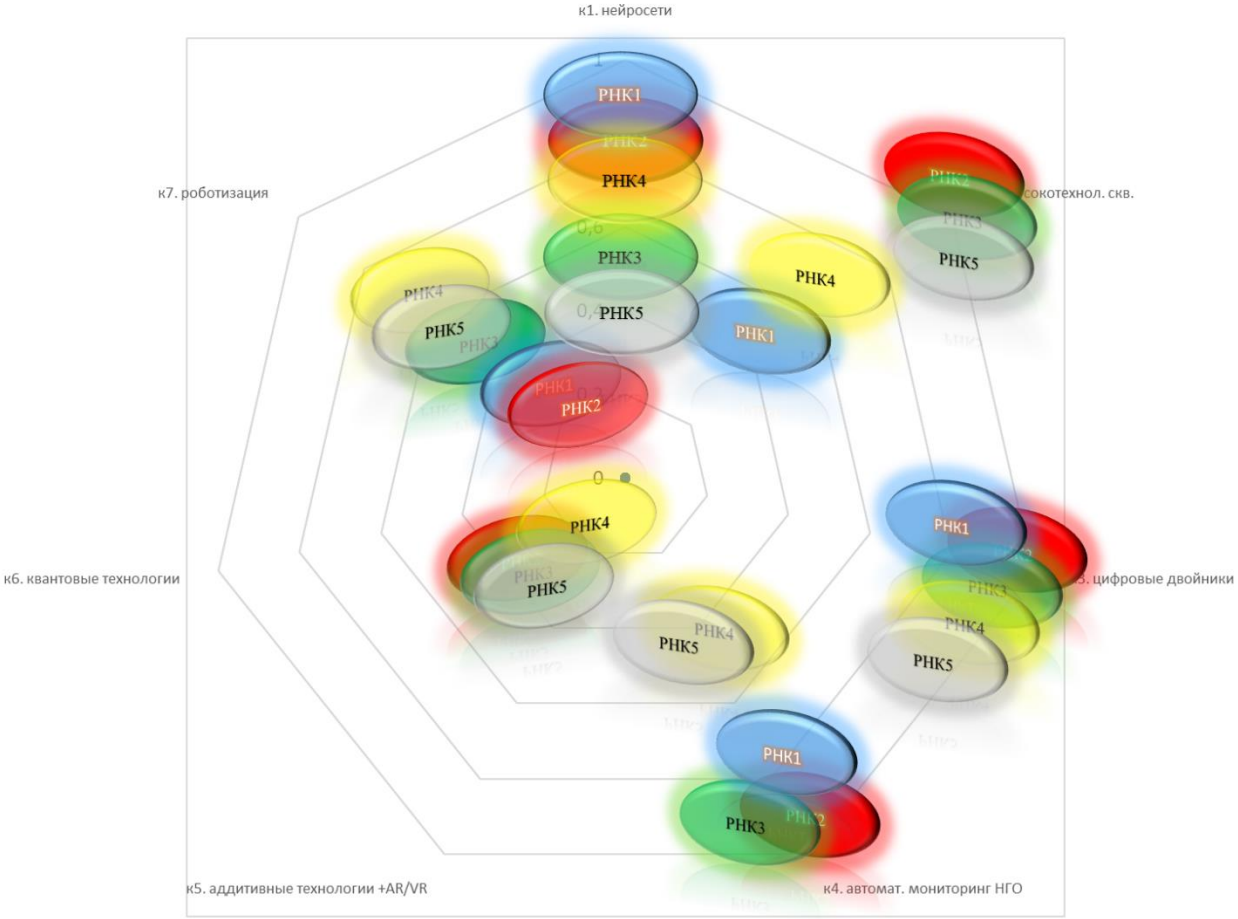


Рис. 5. Диаграмма внедрения цифровых технологий в лидирующих российских компаниях лидерах при использовании линейной функции принадлежности нечеткому множеству

На основе данной диаграммы был определен индекс цифровизации нефтегазовой отрасли Российской Федерации в целом в компаниях лидерах (табл. 9).

Таблица 9. **Индекс цифровизации нефтегазовой отрасли России**

Критерии оценки цифровых технологий	лин.ф.	s-обр. ф.
Создание программных алгоритмов на основе нейронной сети	0,81	0,79
Строительство высокотехнологичных скважин	1	1
Создание цифровых двойников и интеллектуальных помощников	1	1
Дистанционный мониторинг нефтегазового оборудования	1	1
Применение аддитивных технологий и внедрение VR/AR-технологий	0,3	0,22
Разработка во внедрение квантовых технологий	0	0
Автоматизация и роботизация производственных процессов	0,6	0,55
Индекс цифровизации Российской Федерации	0,67	0,65

Следующим шагом стало построение модели в ПО MATLAB, а именно использования Fuzzy inference system (Система нечеткого логического вывода). При построении системы нечеткого вывода была построена трехмерная математическая модель, с помощью которой можно определить возможность внедрения инновационно-цифровых технологий в разные периоды по программам «Цифровая экономика 2017–2024 г.»; «Экономика больших данных 2025-2030 г.»; «Роботизированная экономика 2030-2040 г.» (рис. 6).

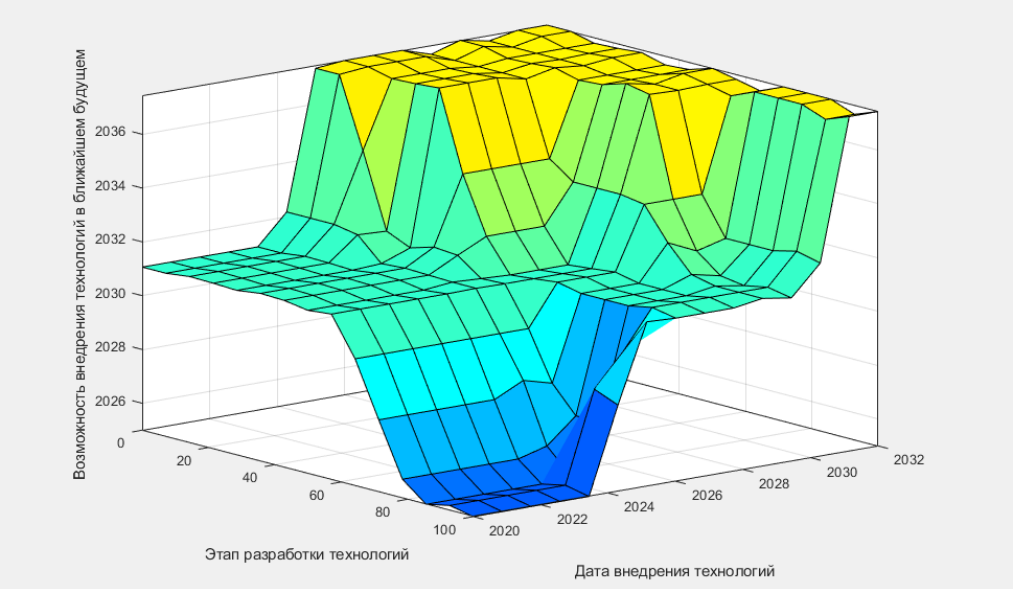


Рис. 6. Прогнозная трехмерная математическая модель полномасштабного внедрения цифровых технологий как по действующим, так и будущим программам «Цифровая экономика 2017–2024 г.»; «Экономика больших данных 2025–2030 г.» и «Роботизированная экономика 2031-2040 г.»

Выводы

В области создания программных алгоритмов на основе нейронной сети лидируют компании ПАО «НК «Роснефть» и ПАО «Газпром нефть». Компания ПАО «НК «Роснефть» в 2017 году создала ПК «РН-ГРИД» для проектирования ГРП. В 2019 году у этой компании вышел в промышленные масштабы ПК для геомеханического моделирования при бурении – "РН-СИГМА", а также ПК для геологического сопровождения бурения скважин – «РН-Горизонт+». В 2022 году специалисты компании ООО «РН-КрасноярскНИПИнефть» разработали ПО на основе нейронной сети «РН-Нейросети». В 2023 году компания ввела в промышленных масштабах ПК «РН-ПЕТРОЛОГ» для обработки и интерпретации ГИС, а также разработала два ПК «РН-ВЕГА» и «РН-Буровые расчеты». Компании ПАО «Газпром нефть» в 2020 году выпустила ПК «Когнитивный геолог», в 2023 году был разработан цифровой симулятор «КиберГРП». В области строительства высокотехнологичных скважин лидируют компании ПАО «Газпром нефть», ПАО «ЛУКОЙЛ» и АО «Зарубежнефть».

Компания ПАО «Газпром нефть» в настоящее время имеет 10 центров управления по строительству высокотехнологичных скважин. Также идет добыча углеводородов на месторождении «Приразломная» – единственная нефтедобывающая платформа на шельфе российской Арктики. Компания ПАО «ЛУКОЙЛ» на 2024 год имеет более тысячи высокотехнологичных скважин на месторождениях Югры и Ямала. Компания АО «Зарубежнефть» в 2020 году построила высокотехнологичную скважину на месторождении «Кондаковское». При этом компания также планирует построить еще 4 высокотехнологичные скважины.

В области создания цифровых двойников и интеллектуальных помощников лидируют компании ПАО «Газпром нефть», ПАО «ЛУКОЙЛ», ПАО «Татнефть» и АО «Зарубежнефть». Компания ПАО «Газпром нефть» в 2022 году начала полномасштабное внедрение цифровых двойников месторождений. Например, 2022 году завершила 3D сейсморазведку на шельфе Карского моря, на месторождении «Еты-Пуровском» была построена трехмерная модель куста скважин №270, а также была построена трехмерная цифровая модель «Приразломного» месторождения. В компании ПАО «ЛУКОЙЛ» с 2019 года ведется постоянный контроль за 12 объектами разработки и 1700 скважин при использовании интегрированной модели. В 2021 году компания ПАО «ЛУКОЙЛ» запустила в эксплуатацию самую масштабную цифровую модель нефтяного месторождения (создание цифровых двойников у более чем 3000 скважин). Компания ПАО «Татнефть» уже несколько лет создает цифровые двойники своих месторождений, при этом к 2025 году компания планирует создать модели всех своих нефтепромыслов. Компания АО «Зарубежнефть» в 2022 году довела до промышленного внедрения первый в отрасли проект цифрового двойника с комплексом виртуальной и дополненной реальности на «Харьягинском» месторождении.

В области дистанционного мониторинга нефтегазового оборудования лидируют компании ПАО «Газпром нефть» и ПАО «ЛУКОЙЛ». Компания ПАО «Газпром нефть» в 2021 году провела успешное испытание первого российского многофункционального аэрокомплекса геологоразведки. Компания ПАО «ЛУКОЙЛ» с 2020 года усилила мониторинг трубопроводов при помощи систем БПЛА ZALA. Также компания ПАО «ЛУКОЙЛ» на сегодняшний момент практически полностью перешла на полную замену труб в инновационном антикоррозионном исполнении, а также качество снимков, сделанных из космоса, составляет двадцать девять сантиметров на пиксель. На «Аспинском» месторождении компания ПАО «ЛУКОЙЛ» реализовала пилотный проект по дистанционному мониторингу НГО на базе технологии LoRaWAN.

В области применения аддитивных технологий и внедрения VR/AR-технологий лидируют компании ПАО «Газпром нефть», ПАО «ЛУКОЙЛ», ПАО «Татнефть» и АО «Зарубежнефть». Компании ПАО «Транснефть», ПАО «Татнефть», ПАО «Газпром нефть», ПАО «Сургутнефетегаз» и ПАО «ЛУКОЙЛ» активно начали внедрять аддитивные технологии в производственные процессы. Компания ПАО «Газпром нефть» создала VR-тренажер для обучения специалистов на МЛСП «Приразломная». Компания ПАО «ЛУКОЙЛ» в 2023 году обучила более 100 сотрудников новым навыкам с использованием VR-тренажеров на Волгоградском НПЗ. Компания АО «Зарубежнефть» с 2023 года начала применять метод обучения сотрудников через использование VR-технологий – это повысило качество усвоения материала на 30%.

Начиная с середины 2023 года в области разработки во внедрения квантовых технологий занялись компании ПАО «НК «Роснефть», ПАО «Газпром нефть» и ПАО «ЛУКОЙЛ» совместно с ГК "Росатом».

В области автоматизации и роботизации производственных процессов лидируют компании ПАО «Татнефть», АО «Зарубежнефть» и ПАО «ЛУКОЙЛ». Компания ПАО «ЛУКОЙЛ» в 2018 году начала внедрять роботизированные технологии рутинных операций в ООО «Лукойл-УРЦ Пермь». Компания АО «Зарубежнефть» в 2022 году создала 10 программных роботов для работ над рутинными операциями. В 2023 году компанией АО «Зарубежнефть» запланировано продолжение проекта по системному внедрению технологий программной роботизации

(RPA, Robotic Process Automation) в производственные процессы. Компания ПАО «Татнефть» в 2021 году сообщила о полном переводе мониторинга добычи сверхвязкой нефти на своих объектах на роботизированный контроль. В 2021 году компания ПАО «Татнефть» начала разрабатывать роботизированный буровой комплекс грузоподъемностью 320–450 тонн – БУ 2.0. В 2022 году компания ПАО «Татнефть» ввела в эксплуатацию робота «Трал Патруль 5» на территории Бугульминского Механического Завода (БМЗ).

В данной работе создана модель, которая позволяет отследить текущий рейтинг внедрения цифровых технологий, кроме того, были выявлены те инновационные технологии обеспечат высокотехнологичное и высокорентабельное развитие российских нефтегазовых компаний в средне- и долгосрочной перспективе.

Список использованных источников

1. Zhang P., Qin G., Wang Y. Risk Assessment System for Oil and Gas Pipelines Laid in One Ditch Based on Quantitative Risk Analysis. – 2019. DOI: 10.3390/en12060981.
2. Al-Daihani E.H., Nandi A.K., Raza S.M. An Effective Utilization of Internal Resources, a Cost Intensive Approach to Develop Technical Competencies of Subsurface Manpower. https://doi.org/10.2118/181370-MS.
3. Dmitriev A.U., Brusnitsyn D.N. Technical Competence Assessment System for Oil & Gas Company Personnel; Increasing Training Efficiency Through Short Courses. https://doi.org/10.2118/104344-MS.
4. О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы: Указ Президента Российской Федерации от 09.05.2017 г. № 203.
5. Об утверждении программы цифровая экономика Российской федерации: Распоряжение Правительства РФ от 28.07.2017 г. № 1632-р.
6. Еремин Н.А., Селенгинский Д.А. О возможностях применения методов искусственного интеллекта в решении нефтегазовых задач // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2023. – № 1. – С. 201–211.
7. Дмитриевский А.Н., Мастепанов А.М., Бушуев В.В. Ресурсно-инновационная стратегия развития экономики России // Вестник Российской академии наук. – 2014. – Т. 84. – №. 10. – С. 867.
8. Еремин Н.А., Степанян А.А., Столяров В.Е. Управление нефтегазовыми активами в эпоху технологий хранения и обработки больших массивов данных // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. – 2019. – №. 12(557). – С. 5–14.
9. Еремин Н.А., Столяров В.Е. О программах цифровизации нефтедобычи 2017–2022 гг. // 11-я Международная научно - практическая конференция "Интеллектуальное месторождение: инновационные технологии от пласта до магистральной трубы". – 2023. – С. 15–26.

УДК 622.276.66

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ТРЕЩИН ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАЗРЫВА НЕФТЯНОГО ПЛАСТА

Ямкин М.А. (студент, Университет ИТМО)
Научный руководитель: к.т.н., доцент Кугаевских А.В. (Университет ИТМО)
e-mail: makson.yamkin@mail.ru

В настоящее время технология гидроразрыва пласта (ГРП) все чаще и чаще применяется в качестве метода интенсификации притока или метода увеличения нефтеотдачи. Однако для эффективного применения данной технологии необходим точный расчет ее параметров. Целью данной работы является сравнение результатов расчета дебита нефти после проведения ГРП при помощи методик машинного обучения и при помощи традиционных методик расчета.
Ключевые слова: *технология гидроразрыва пласта, дебит нефти, методики машинного обучения.*

Гидроразрыв пласта – технологическая операция по созданию в пласте трещин с целью повышения добычи нефти на скважине за единицу времени (далее – дебит нефти). Некорректное проведение ГРП может снизить дебит нефти, вызвать резкий рост обводненности и множество других проблем [1], поэтому актуальным является прогнозирование параметров ГРП. Целью данной работы являлось определение методики определения дебита нефти после проведения ГРП, обеспечивающей наибольшую сходимость с фактическими данными с месторождения. Осуществлялось сравнение двух методик:

- прогнозирование дебита нефти с использованием моделей машинного обучения (далее – прогнозирование);
- расчет дебита нефти с использованием традиционных моделей распространения трещины ГРП (далее – расчет).

В ходе работы на языке программирования Python была разработана программа для прогнозирования и расчета дебита нефти. Итоговым продуктом стало десктопное приложение с интерфейсом, созданным при помощи библиотеки PyQT6. Интерфейс приведен на рисунке.

Интерфейс позволяет вводить данные для прогнозирования с использованием моделей машинного обучения и данные для расчета с использованием традиционных моделей. На основе этих данных разработанная программа выполняет прогнозирование и расчет дебита нефти после проведения ГРП. Итогом работы программы является значение дебита, рассчитанное по традиционным моделям и значение дебита, спрогнозированное с использованием машинного обучения. Программа написана с использованием принципов объектно-ориентированного программирования. Для прогнозирования и расчета дебита нефти были созданы различные классы.

Расчет дебита нефти после ГРП при помощи традиционных методик осуществлялся путем решения дифференциальных уравнений [2] для расчета дебита нефти с использованием разработанной программы.

Прогнозирование включало в себя обучение трех моделей: LinearRegression, RandomForestRegressor, LightGBMRegressor библиотеки sklearn [3]. Для прогнозирования было подобрано восемь признаков для обучения модели: дебит нефти до ГРП, эффективная нефтенасыщенная мощность, пластовое давление, забойное давление, обводненность до ГРП, проницаемость, вязкость нефти, количество проппанта – данные признаки были выбраны в силу того, что при анализе ГРП специалистами нефтегазовой отрасли именно они используются для расчета различных его параметров. Эти данные были взяты с шести разных месторождений нефти. Целевым признаком являлся дебит нефти после проведения ГРП. После отбора признаков была осуществлена предобработка данных. Были исключены аномалии (данные, которые не могут существовать, например, отрицательный дебит нефти) и выбросы (были удалены те данные, которые не находятся в интерквартильном размахе), а пропущенные значения были заполнены по принципу: заполнение средним значением или медианой в зависимости от типа распределения по принадлежности ГРП к конкретному месторождению.

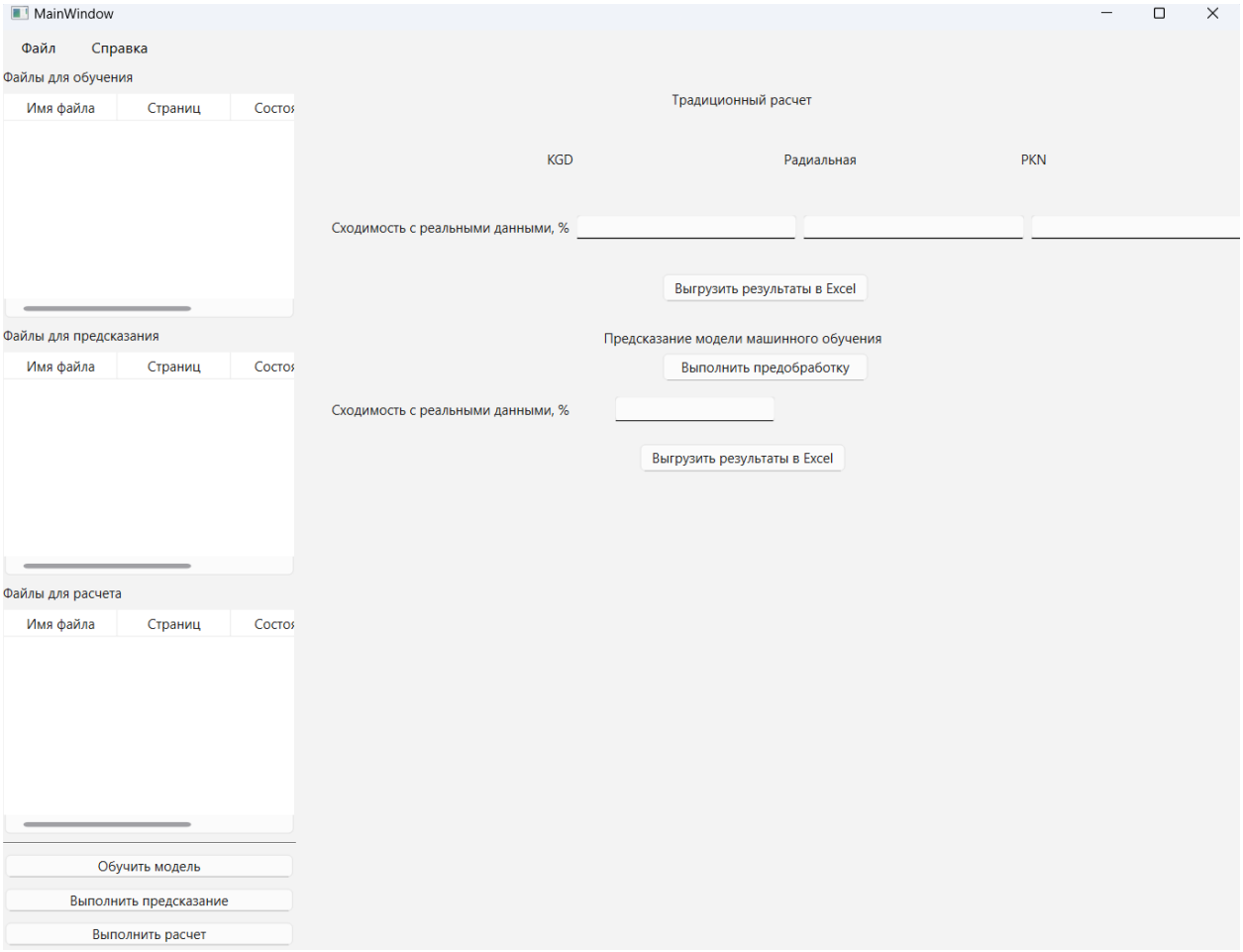


Рисунок. Интерфейс разработанного программного обеспечения

Для исключения корреляции между признаками был проведен heatmap-анализ, по результату которого все признаки были оставлены для обучения. Задача предсказания дебита являлась регрессионной. Так как числовые значения признаков для обучения обладали разным порядком, была проведена стандартизация данных при помощи функции MinMaxScaler. Весь набор данных был разделен на тренировочную и тестовую выборку в отношении 80:20 соответственно. Для подбора наилучших гиперпараметров моделей использовалась функция GridSearchCV. Итогом кросс-валидации стал выбор модели LightGBMRegressor для предсказания дебита нефти после проведения ГРП. Данная модель в дальнейшем использовалась для прогнозирования дебита на тестовой выборке с гиперпараметрами random_state=12345, n_estimators=30, max_depth=15, num_leaves=20, learning_rate=0.1. Для проверки точности прогнозирования модели использовалась метрика MAE библиотеки sklearn, как наименее чувствительная к выбросам данных [4].

В результате прогнозирования итоговое значение метрики MAE на тестовой выборке составило 9.5 при среднем дебите нефти после ГРП, составляющим 75 тонн/сут.

Сходимость с фактическими данными составила 87 %. В результате расчета при помощи традиционных моделей итоговое значение метрики MAE составило 12.3. Сходимость с фактическими данными составила 84%.

В результате SHAP-анализа при помощи функции feature_importances были выявлены наиболее важные признаки для обучения: дебит нефти до ГРП, проницаемость и пластовое давление. Кроме этого, была проведена проверка построенной модели на адекватность при помощи константной модели. Константная модель в данном случае всегда дает один ответ на любой входной набор признаков: средний дебит нефти после ГРП по всем скважинам. Данная проверка выполнялась с целью выявления целесообразности применения построенной модели

машинного обучения. Значение метрики MAE на константной модели составило 20.1, следовательно, применение модели LightGBMRegressor с подобранными гиперпараметрами являлось целесообразным.

В результате проведенной работы было установлено, что наибольшую сходимость с фактическими данными с месторождения обеспечила модель LightGBMRegressor с метрикой 9.5. Таким образом, данная модель является более предпочтительной для прогнозирования дебита нефти после проведения операции ГРП.

Список использованных источников

1. Кузьменко С.Д. Критерии выбор объекта для применения ГРП // Вестник Науки. – 2020. – Том 4. – № 6. – С. 1–8.
2. Есипов Д.В., Куранаков Д.С., Лапин В.Н., Чёрный С.Г. Математические модели гидроразрыва пласта // Вычислительные технологии. – 2014. – Т. 19. – №. 2. – С. 33–61.
3. Miranda F.M., Kohnecke N., Renard B.Y. Hiclass: a python library for local ierarchical classification compatible with scikit-learn // Journal of Machine Learning Research. – 2023. – №. 24 (29). – Pp. 19–31.
4. Alhakeem Z.M., Jebur Y.M., Henedy S.N., Imran H., Bernardo L.F.A., Hussein M.H. Prediction of Ecofriendly Concrete Compressive Strength Using Gradient Boosting Regression Tree Combined with GridSearchCV Hyperparameter-Optimization Techniques // Materials. – 2022. – Vol. 2. – №. 15 (21). – Pp. 120–145.

Технологический менеджмент и инновации

УДК 330

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ПРЕДПРИЯТИЙ НЕФТЕДОБЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ

Андроник А. (аспирант, Университет ИТМО)
Научный руководитель: к.э.н., доцент Силакова Л.В. (Университет ИТМО)
e-mail: anastasia-andronic@mail.ru

В работе рассмотрена необходимость оценки эффективности цифровой трансформации предприятий нефтедобывающей отрасли, выделены основные подходы к оценке, также определены сложности и проблемы, возникающие при оценке цифровой трансформации. Предложены рекомендации по адаптации методов оценки эффектов с целью повышения их точности и значимости для предприятий нефтедобывающей отрасли.
Ключевые слова: *эффективность, цифровая трансформация, комплексный подход, корпоративная культура, нефтедобывающие предприятия.*

Наблюдающиеся изменения ситуации на мировом рынке нефтедобычи, такие как колебания цен на нефть, изменение объема добычи нефти в ответ на изменения спроса и цен, усиленная санкционная политика в отношении Российской Федерации, необходимость сохранения конкурентоспособности нефтедобывающих компаний, потребность в изучении добычи трудноизвлекаемых запасов нефти в связи с исчерпанием традиционных ресурсов, трудности и сложности освоения шельфовых месторождений Арктики – все это приводит к необходимости компаний развиваться, создавать и внедрять новые технологии в производственные и управленческие процессы [1]. Прекращение сотрудничества в реализации проектов по разработке месторождений крупнейшими зарубежными компаниями, как ExxonMobil, BP, Shell привело к необходимости пересмотра стратегических целей нефтедобывающих компаний. В условиях геополитической нестабильности компаниями предприняты меры по созданию отечественных технологий с целью обеспечения стабильности и независимости национальной нефтяной промышленности [2, 3]. Развитие отечественных технологий позволяет стимулировать развитие инноваций и научных исследований при нефтедобыче, что в итоге может привести к созданию новых отраслей и повышению конкурентоспособности экономики. В таких условиях отечественные нефтедобывающие предприятия рассматривают возможность проведения цифровой трансформации (ЦТ) как приоритетное направления с целью повысить производительность и эффективность своей деятельности в рамках цифровой экономики.

ЦТ нефтедобывающих компаний имеет ряд ключевых особенностей, среди которых можно выделить:

1. ЦТ обеспечивает сбор большого объема данных, поступающих с различных датчиков, счетчиков оборудования. Анализ этих данных позволяет оптимизировать производственные процессы путем прогнозирования наилучших режимов работы, поломок оборудования.
2. Цифровые технологии обеспечивают контроль и мониторинг состояния и производительности нефтедобывающего оборудования. В результате обеспечивается более эффективное управление активами и увеличение срока службы оборудования.
3. ЦТ способствует повышение качество обеспечения безопасности труда в результате эффективного управления безопасностью и оперативного реагирования на потенциальные угрозы.
4. ЦТ позволяет автоматизировать и оптимизировать процесс добычи нефти, в результате чего снижаются затраты и повышается производительность труда.

5. ЦТ позволяет улучшить экологическую устойчивость нефтедобывающего предприятия с помощью мониторинга выбросов и снижения негативного влияния на окружающую среду.

В связи с этим важной задачей становится оценка эффектов цифровой трансформации в условиях стремления нефтедобывающих компаний оправдать вложенные средства и максимизировать потенциал цифровых технологий. Ключевым вопросом является вопрос оценки эффективности цифровой трансформации и ее влияние на результаты деятельности предприятий. Другими словами, важно понять какие конкретные показатели могут использоваться для оценки эффектов.

Целью настоящего исследования является анализ существующих методических подходов к оценке эффектов цифровой трансформации нефтедобывающих предприятий и адаптация существующих к нефтедобывающей отрасли.

Научная новизна исследования заключается в том, что вопрос оценки эффектов цифровой трансформации нефтедобывающих компаний достаточно слабо освещен в научной литературе.

Методы и материалы

Методической базой исследования послужили методы сравнения, группировки, анализа, синтеза, аналогии, сопоставления. Исследование основывается на анализе научных работ российских и зарубежных авторов, посвященных оценке эффектов цифровой трансформации нефтедобывающей отрасли. Также применены методы анализа финансово-хозяйственной деятельности, корреляционно-регрессионный анализ, в частности анализ динамических рядов с распределенными лагами.

Результаты

Исходя из анализа проведения цифровой трансформации зарубежными компаниями проведен SWOT – анализ процесса цифровой трансформации нефтедобывающих предприятий. Результаты представлены в таблице.

Исходя из таблицы, цифровая трансформация нефтедобывающей отрасли становится основным драйвером инноваций и направлена на повышение эффективности предприятий нефтедобывающей отрасли.

Несмотря на это, библиографический анализ показывает, что в настоящее время нет единого мнения о сущности цифровой трансформации, в то время как методика ее реализации уже сформировалась научно-практическим сообществом. Ключевым вопросом является вопрос оценки эффективности цифровой трансформации и ее влияние на результаты деятельности предприятий. Другими словами, важно понять какие конкретные показатели могут использоваться для оценки эффектов.

Данный вопрос активно обсуждается в научном сообществе как зарубежном, так и российским. Большинство авторов пришли к мнению, что эффекты от цифровой трансформации трудно измерить в количественных показателях и оказывают незначительное влияние на финансовые результаты компании. Среди существующих научных работ выделяются два основных направления исследования: первое состоит в определении набора показателей, которые отражают эффекты цифровой трансформации, а второе показывает практическое исследование влияния цифровой трансформации на эффективность предприятия. Так, в рамках первого направления выделяются два подхода к оценке эффективности цифровой трансформации: традиционный и смешанный. В рамках традиционного подхода измерение основывается на операционных (снижение затрат, повышение производительности труда) и финансовых показателях (прибыль, рентабельность) компании. В рамках смешанного подхода наравне с традиционными показателями используются “цифровые” показатели (цифровой обмен, потребительский опыт). Несмотря на это наиболее часто используются финансовые показатели: рост доходности, увеличение прибыли. В то время как промежуточные результаты цифровой трансформации отслеживаются с помощью эффективности операционных процессов.

Таблица. **SWOT-анализ цифровой трансформации нефтедобывающих предприятий**

S	**W**
● государственная поддержка; ● все нефтедобывающие предприятия реализовывают стратегии, опираясь на проект «Цифровая энергетика» в рамках реализации государственной программы «Цифровая экономика»; ● активный поиск и апробация предприятиями систем показателей глубины и эффективности внедрения цифровых технологий; ● развитие сетей с возможность удаленного управления и контроля; ● создание и развитие центров компетенций	● недостаток денежных средств на внедрение цифровых технологий; ● необходимость соблюдения высоких требований безопасности; ● слаборазвитая инфраструктура; ● недостаточное количество формализованных и гибких методик стратегирования цифровой трансформации предприятий
O	**T**
● использование развивающейся нормативной базы для внедрения цифровых технологий; ● формирование единого информационного пространства отрасли; ● накопление опыта и создание базы успешных кейсов; ● рост эффективности добычи с использованием цифровых технологий	● недостаток квалифицированного персонала, способного работать с цифровыми технологиями; ● отсутствие необходимой инфраструктуры для внедрения; ● ограничение технологического сотрудничества с зарубежными компаниями; ● недостаток сопоставимых с зарубежными технологиями российских цифровых разработок; ● неготовность предприятий к внедрению сквозных цифровых решений и формирование единого цифрового пространства

Так, отечественные авторы Козлов М.А., Федосова П.В., Измайлова И.Ю. проанализировали эффекты цифровой трансформации на примере внедрения технологии интеллектуального бурения при строительстве скважин компанией ПАО “Газпром нефть”. Согласно отчетности компании, с применением данной технологии было построено более трех тысяч скважин и экономическим эффектом явилось двукратное сокращение времени бурения, увеличение продуктивности на 20–30% и экономия на оборудовании в размере 50 млн рублей.

В разработанном отчете компанией McKinsey совместно с Мохаммедом А., Таном К.Т., Уордом Р. указано, что цифровая трансформация нефтедобывающей отрасли - выгодное решение для компаний с целью повышения производительности и оптимизации текущих бизнес-процессов. Также в отчете указано, что экономические эффекты от реализации могут составить: снижение капитальных затрат на 20%, снижение эксплуатационных затрат на 25%, увеличение производительности на 10%.

Однако в рассмотренных примерах не раскрыт вопрос подхода к оценке эффектов и не всегда расчет эффектов можно выразить в денежном эквиваленте.

Одна из проблем, осложняющих исследование оценки эффектов цифровой трансформации, заключается в отсутствии накопленных данных о результатах, поскольку цифровая трансформация – это относительно новый инструмент, который не получил еще широкого применения в нефтедобывающей отрасли.

Зарубежные авторы Слотер А., Миттал А., Бансал В. пришли к мнению, что эффекты зависят от понимания компанией ценности цифровой трансформации. Любименко Д.А., Вайсман Е.Д. считают, что методический подход к оценке эффектов имеет ряд специфических особенностей: при расчете эффектов необходимо опираться на сокращение жизненного цикла, высокие риски, комплексность [4].

Исходя из этого, необходимо использовать смешанный подход к оценке эффектов цифровой трансформации, включающий количественный и качественный методы. Количественный метод помогает понять экономические выгоды, такие как возврат на инвестиции, снижение затрат, повышение производительности и эффективности. Метод дает точные данные, которые являются основой для принятия управленческих решений и обоснования инвестиций [5]. Качественный метод дает понимание нематериальных и долгосрочных эффектов, которые играют основную роль в успехе компании. К ним относится: улучшение корпоративной культуры, повышение гибкости и адаптивности компании.

Так, использование смешанных методов обеспечивает всесторонний анализ цифровой трансформации. Это дает возможность руководителям принимать обоснованные управленческие решения, минимизировать риски и увеличить выгоды от изменений, как результат повышает конкурентоспособность и устойчивость компании на рынке [6, 7].

Основной проблемой отсутствия методик к оценке эффектов цифровой трансформации является ее сложность и многогранность, так как не всегда влияние можно напрямую оценить через денежные показатели. Кроме того, количественные методы, к примеру возврат на инвестиции, не всегда отражают в целом эффекты от реализации цифровой трансформации. Как было выше указано, приносит не только экономические выгоды, но и затрагивает организационную культуру.

Помимо этого, важно учитывать, что при оценке необходимо опираться на специфику отрасли, к примеру высокие капитальные затраты, долгосрочные жизненные циклы активов, высокие риски, которые присущи нефтедобывающей отрасли.

Исходя из этого, при выборе подхода предлагаем использовать следующие рекомендации:

1. Использовать смешанный подход к оценке для более точного расчета.
2. Учитывать специфические для отрасли метрики, такие как влияние на операционные и производственные процессы, срок разработки нефтяного месторождения.
3. Производить оценку рисков для предотвращения непредвиденных ситуаций и последствий проведения цифровой трансформации.

Оценка эффектов необходима для руководителя компании, инвесторов для разработки стратегии цифровой трансформации, выявления узких мест и рисков, а также для поиска возможностей для роста компании. Как итог, такая оценка позволяет повысить конкурентоспособность компании, увеличить капитализацию, оптимизировать бизнес-процессы.

Для повышения эффектов цифровой трансформации рекомендуется проведение следующих мероприятий:

1. Повышать цифровую грамотность сотрудников путем повышения квалификацию и профессиональной переподготовки.
2. Формировать и развивать цифровую компетенцию в управленческой деятельности.
3. Разрабатывать комплексную стратегию цифровой трансформации, которая соответствует целям и задачам компании, учитывая специфику отрасли, риски, возможности, допущения.
4. Формировать сбалансированную систему ключевых показателей эффективности.

Таким образом, оценка эффектов цифровой трансформации нефтедобывающей отрасли требует учитывать специфические особенности отрасли и нуждается в доработке.

К особенностям нефтедобывающей отрасли, которые необходимо учитывать в оценке, можно отнести:

1. Нефтедобывающая отрасль требует значительных капитальных затрат в оборудование и инфраструктуру, в результате чего осложняется процесс внедрения цифровых технологий, так как цифровая трансформация требует больших первоначальных капитальных вложений и характеризуется долгосрочной окупаемостью.
2. Активы в нефтедобыче имеют длительный жизненный цикл, в результате чего возникают трудности в интеграции с новыми цифровыми технологиями, что требует дополнительных ресурсов, времени для их синхронизации.

3. Нефтедобывающей отрасли присущи высокие риски аварий, поломок и отказа оборудования. Цифровые технологии должны эффективно сопрягаться с данными рисками, обеспечивая постоянный мониторинг и контроль. Помимо этого, в условиях санкций необходимо учитывать возможные ограничения.
4. Нефтедобывающая отрасль включает в себя сложные процессы (бурение, добыча, транспортировка) и требуется интеграция данных с разных этапов и систем, что может сопровождаться техническими сложностями.

В настоящее время компаниями используются следующие показатели оценки эффектов цифровой трансформации:

1. Финансовые показатели. К ним относится: возврат на инвестиции (ROI), снижение капитальных затрат за счет сокращения затрат на оборудование и инфраструктуры, снижение эксплуатационных затрат за счет снижения затрат на техническое обслуживание и ремонте оборудования, увеличение прибыли за счет оптимизации процессов и повышения эффективности.
2. Операционные показатели. К ним относится: повышение производительности после внедрения цифровых технологий, снижение времени простоя оборудования за счет прогнозирование будущих поломок, оптимизация производственных процессов за счет сокращения времени и затрат.
3. Экологические показатели. К ним относятся: снижение выбросов за счет улучшения мониторинга и управления выбросами, повышение энергоэффективности за счет оптимизации процессов.
4. Показатели человеческого капитала. К ним относятся: повышение цифровой грамотности сотрудников за чем обучения и переквалификации, изменение корпоративной культуры компании.

Выбор показателей для оценки эффектов зависит от стратегии цифровой трансформации определенной компании.

Исходя из этого, авторы исследования выделяют следующие индикаторы, по которым можно оценивать эффективность цифровой трансформации:

1. Эффективность управления ресурсами, которая заключается в увеличение срока службы оборудования.
2. Производительность на единицу ресурса, то есть оценка увеличения объема добычи углеводородов на единицу затраченных ресурсов.
3. Скорость разработки месторождения.
4. Патентные заявки на исследования и НИОКР.
5. Соответствие нормативным требованиям безопасности.

Перечисленные индикаторы, по мнению авторов, могут помочь в обеспечении комплексной оценке эффектов цифровой трансформации.

Цифровая трансформация для предприятий нефтедобывающей отрасли является основным инструментов для повышения конкурентоспособности предприятия и его производительности и эффективности.

Результаты проведенного исследования показывают, что отсутствие единой методики оценки эффектов цифровой трансформации требуют комплексный подход.

Отсутствие накопленных знаний по процессу цифровой трансформации затрудняют измерение ее эффектов. Рекомендации по повышению качества оценки эффектов основываются на использовании смешанного метода, учета специфических особенностей отрасли, учета ограничений и допущений.

Несмотря на это, оценка эффективности нуждается в доработке с учетом специфики отрасли с целью повышения точности управленческих решений. Дальнейшее исследование видится в разработке собственного инструмента для оценки эффективности цифровой трансформации предприятий нефтедобывающей отрасли.

Список использованных источников

1. Азиева Р.Х. Эффективность политики импортозамещения в нефтегазовой отрасли Российской Федерации на современном этапе // Экономические науки. – 2022. – №. 3(208). – С. 16–23.
2. Азиева Р.Х. О разработке модели эффективного развития нефтегазовой отрасли // Экономика и управление. – 2021. – №. 12(27). – С. 971–982
3. Козлова Д.В., Пигарев Д.Ю. Цифровая трансформация нефтегазовой отрасли: барьеры и пути их преодоления // Газовая промышленность. – 2020. – №. 7. – С. 34–38.
4. Любименко Д.А., Вайсман Е.Д. Методический подход к оценке эффективности цифровых инвестиционных проектов // Экономика. Информатика. – 2020. – №. 4. – С. 718–728.
5. Махмудова А.И. «Эффект» и «Эффективность» в оценке деятельности экономической системы // Актуальные вопросы экономических наук. – 2011. – №. 18. – С. 413–418.
6. Tung T.V., Trung T.N., Hai N.H., Tinh N.T. Digital transformation in oil and gas companies - a case study of bien dong POC // Petrovietnam Journal. – 2020. – №. 10. – Pp. 68–81.
7. The next frontier for digital technologies in oil and gas. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.mckinsey.com/industries/oil-and-gas/our-insights/the-next-frontier-for-digital-technologies-in-oil-and-gas (дата обращения 12.09.2024).

УДК 621.642.2

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МАССОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КОЛЬЦЕВЫХ КОРПУСОВ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ В ВИДЕ СФЕРИЧЕСКИХ СЕГМЕНТОВ И ТОРА

Екимовская А.А. (студент, МАИ, БФ «Образование+»)
Научный руководитель: д.т.н., с.н.с. Лебедев В.В. (БФ «Образование+»)
e-mail: any_ekimovskaya03@mail.ru

В конструкциях кольцевых корпусов космических аппаратов (КА) часто применяют оболочки в виде тора или сборки из сферических сегментов. Но обычно предполагается корпус с одним отсеком, как единая ёмкость. В работе выполнен сравнительный анализ массовых характеристик двух видов корпусов одинакового объёма, но с внутренними перегородками. Доказано, что сборный корпус из сферических сегментов легче корпуса-тора на 2,3–4,2% в зависимости от количества отсеков в сборке.

Ключевые слова: *космический аппарат, корпус, масса, объём, тор, сферический сегмент, шаровой слой, показатель качества, критерий, оптимизация.*

Проектирование космического аппарата (КА) связано с решением задачи из области сложных технических систем. Это обусловлено комплексом требований к конструкции и целевому применению техники. При проектировании нового вида КА учитываются, прежде всего, целевые задачи, исходя из которых формируется техническое задание, в котором указываются требования к функционированию: параметры орбиты, тепловые условия, ресурс, энергопотребление, обитаемость, габариты и т. д. Создать конструкцию, удовлетворяющую всем требованиям с точки зрения математической теории оптимизации, не получается ввиду многокритериальности задачи [1]. Для решения такой задачи применяют системный подход, например, ранжированием требований технического задания, выбором вспомогательных критериев, сравнительным количественным и качественным анализом преимуществ и недостатков различных вариантов конструкции и т. д. Системный подход к проектированию и теория сложных технических систем являются основными методами создания новой техники в современных условиях [2]. Но системный подход к решению задачи проектирования предполагает изучение множества частных вопросов. В этой работе объектом исследования являются конструкции КА, а предметом изучения – их формы. Из всего многообразия форм корпусов КА выбраны только две конструкции для проведения сравнительного анализа на предмет объёмно-массовых и габаритных характеристик. Такие характеристики изучаются для герметичных корпусов КА в виде тора и кольцевой конструкции из сферических сегментов. Дополнительным конструкционным требованием является наличие нескольких герметичных отсеков в общем корпусе КА. Такое требование следует не только из множества целевых задач (топливный и приборный отсеки), но также из повышения надёжности и безопасности эксплуатации техники на орбите искусственного спутника Земли. В частности, нарушение герметичности одного отсека, например, вследствие пробоя корпуса микрометеоритом или частицей космического мусора, не должно нарушить работу аппаратуры и экипажа, в случае обитаемого КА, в других отсеках [3]. В качестве показателя качества конструкции корпуса выбрана его масса, то есть общая площадь поверхности внешней оболочки и внутренних перегородок, выполненных из одинакового листового материала. В работе выполнен сравнительный анализ конструкции корпуса в виде тора с внутренними перегородками и в виде кольца из сферических сегментов с таким же количеством внутренних перегородок. В обеих конструкциях количество отсеков и перегородок одинаковое. Сферические сегменты в кольцевой конструкции корпуса выполнены с двумя оптимальными срезами и одной перегородкой, рассчитанными по критерию максимального отношения объёма открытой ёмкости к площади её поверхности [4]. Такие две открытые ёмкости можно соединить в герметичную конструкцию, не нарушая при этом выбранного критерия оптимальности [5]. Более того, несколько таких одинаковых

открытых ёмкостей можно соединить в герметичную кольцевую конструкцию с перегородками, тоже сохранив выбранный критерий оптимальности [6].

Методический материал для исследования корпусов КА из сферических сегментов разработан, применён к задачам синтеза новых конфигураций. Однако нерешённым остался вопрос сравнительного анализа с известными формами корпусов, прежде всего, с тором. В содержательной формулировке задачи эта работа посвящена сравнению объёмно-массовых характеристик корпуса КА в виде тора с кольцевой конструкцией из сферических сегментов. В обоих вариантах предполагается наличие одинакового количества внутренних перегородок при одном и том же общем объёме корпуса.

Главным результатом работы, выносимым на защиту, стало доказательство факта, что составная конструкция из сферических сегментов с перегородками на 2,3–4,2%, в зависимости от количества отсеков, легче аналогичного корпуса-тора того же объёма с тем же количеством внутренних перегородок.

Конструкция единичного отсека в составной ёмкости из сферических сегментов предполагается симметричной, два плоских среза одинаковые, но один будет закрыт плоским круговым дном, а другой останется открытым, свободным. Срезы сферы не обязательно лежат в параллельных плоскостях [4]. Для максимизации отношения объёма к площади отсека с двумя срезами и одной крышкой, то есть сферической части с плоским дном, надо сделать срезы на расстояниях приблизительно 0,255 радиуса, отсчитывая от конца радиуса, от поверхности сферы. Этот результат запатентован автором [4]. Недостатком предложенной ёмкости является её негерметичность.

Цель разработки следующего технического решения заключается в предложении герметичной ёмкости из сферических слоёв с плоскими круговыми крышками с теми же величинами двух относительных срезов каждой сферы, чтобы не нарушался главный критерий оптимальности – максимальная величина отношения объёма ёмкости к суммарной площади поверхности листового материала.

На рисунке 1 показаны варианты соединения двух открытых сферических слоёв в единый герметичный корпус, толстые линии изображают оболочки и крышки, тонкие линии соответствуют местам стыка единичных модулей. Варианты могут быть различные, но обязательно должны выполняться следующие требования. Такие соединения тоже запатентованы автором [5].

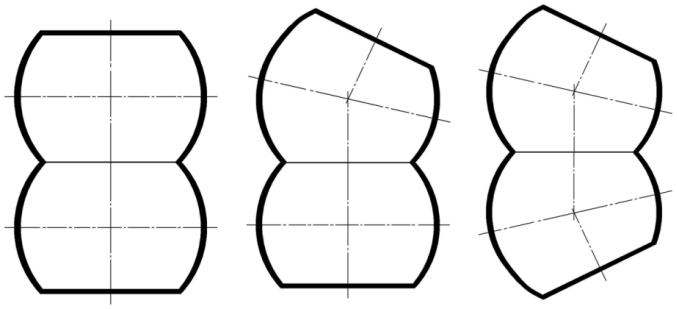


Рис. 1. Варианты герметичных ёмкостей из двух сферических сегментов

В новой кольцевой герметичной ёмкости из сферических сегментов с перегородками предлагается все сферические сегменты сделать одинаковыми, то есть унифицировать. Каждый сферический сегмент имеет одну плоскую круговую крышку на плоском круговом срезе. Представленные результаты защищены авторским патентом, рисунки и расчёты взяты из описания к патенту [6]. Получено условие для кольцевой конструкции в виде отношения радиуса R окружности, описанной около правильного многоугольника, к радиусу r сферического слоя:

$$\frac{R}{r} = \frac{1-x}{\sin\frac{180^0}{n}}.$$

Для заданной оптимальной величины x=0,254991107 относительного среза сферы получаем выражение:

$$\frac{R}{r} = \frac{0,745008893}{\sin\frac{180^0}{n}}.$$

Задача об оптимальном срезе сферы решена методами математического анализа [7].

После предложения новой формы корпуса КА из сферических сегментов с перегородками появилась задача сравнительного анализа объёмно-массовых характеристик с известными схемами. В космической технике часто применяются корпуса в виде торов. В этой работе дополнительным требованием стало наличие нескольких отсеков в кольцевом корпусе. Такое требование обусловлено необходимостью иметь автономные модули, например, в целях повышения надёжности безопасности при пилотируемых полётах. На рисунке 2 показаны две схемы для сравнения. Для иллюстрации изображены шесть модулей, но в дальнейшем при расчётах их количество может быть произвольным.

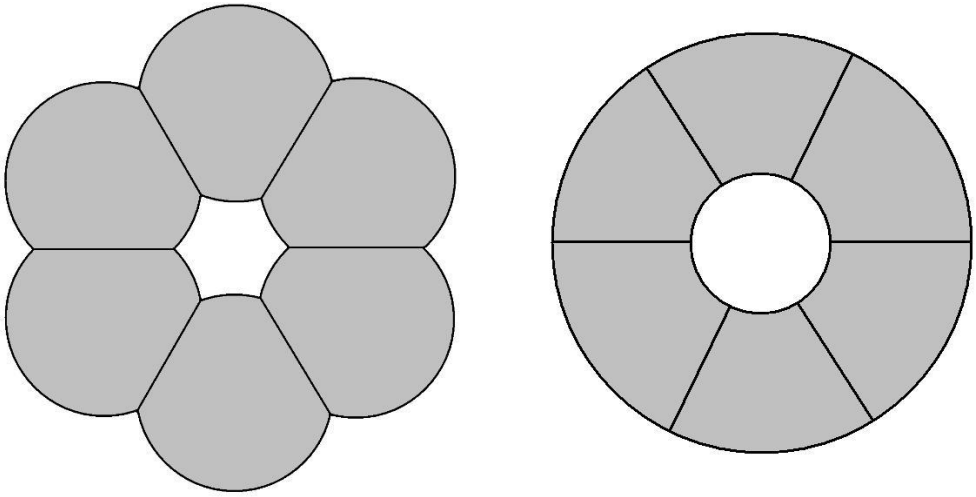


Рис. 2. Две схемы корпуса КА для сравнительного анализа

На основе полученных ранее выражений для объёма и площадей составных частей сферических сегментов запишем формулы для расчёта характеристик составной кольцевой конструкции из n таких модулей. Степенные уравнения удобно решать с помощью специальных программ [8].

Общий объём составной конструкции из n сферических сегментов равен

$$V_n = n\cdot\left(\frac{4\pi R^3}{3} - 2\cdot V_c\right) = n\cdot\frac{2\pi R^3}{3}\left(x^3 - 3x^2 + 2\right).$$

Общая площадь составной конструкции из n сферических сегментов без перегородок равна

$$S_{n0} = n\cdot 4\pi R^2\left(1-x\right).$$

Общая площадь n перегородок составной конструкции из n сферических сегментов равна

$$S_{пер\,n} = n\cdot\pi R^2\left(2x - x^2\right).$$

Общая площадь составной конструкции из n сферических сегментов с n перегородками равна

$$S_n = S_{n0} + S_{пер\,n} = n\cdot 4\pi R^2\left(1-x\right) + n\cdot\pi R^2\left(2x - x^2\right) = n\cdot\pi R^2\left(4 - 2x - x^2\right).$$

Радиус центральной линии составной конструкции из *n* сферических сегментов равен

$$R_n = \frac{R(1-x)}{\sin\frac{180^0}{n}}.$$

Объект для изучения сформирован математически. Но для корректного сравнительного анализа надо также математически определить базовый вариант, то есть корпус в виде тора с перегородками внутри него. Формирование базового варианта корпуса-тора показано схематично на рисунке 3, на котором две конструкции совмещены, а также приведены обозначения характеристик.

Центральная окружность изображена штрихпунктирной линией. Она является общей для тора и составной конструкции из сферических сегментов, иначе сравнение двух корпусов не будет корректным. Эта линия является одним из факторов, определяющих объёмно-массовые характеристики корпусов КА.

Количество перегородок внутри корпуса должно быть одинаковым для тора и составной конструкции. Число перегородок определяется техническим заданием и целевым назначением КА. На рисунке 3 показаны конструкции с шестью перегородками каждая, но только для иллюстрации. В действительности число перегородок *n* может быть произвольным, но обязательно более четырёх, как было показано ранее при расчёте условия состыковки модулей в кольцо из сферических сегментов [6]. При трёх перегородках не получается соединить сферические сегменты в треугольную конфигурацию, потому что открытые круговые части одной сферы пересекаются при выбранном оптимальном значении относительной высоты среза *x=0,254991107*, которая запатентована автором [4]. Диаметры внутренних перегородок в составной конструкции из сферических сегментов и в торе различны, потому что при сравнении принят одинаковый объём ёмкостей, центральная линия-окружность тоже общая для обеих конструкций.

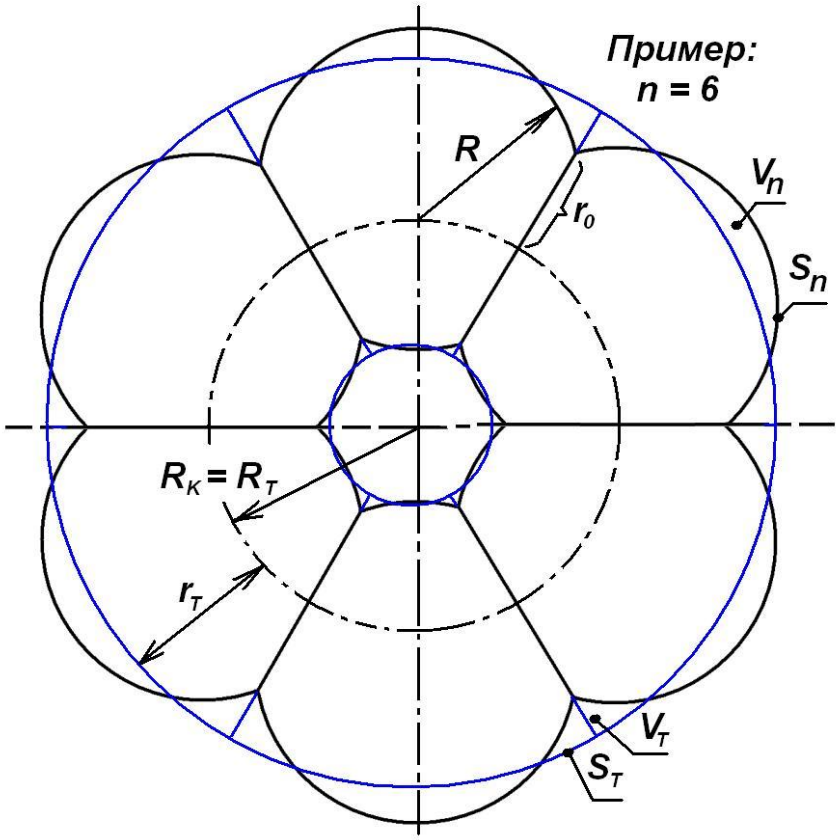


Рис. 3. Совмещение двух форм корпусов КА для сравнения

На рисунке 3 приняты следующие обозначения:

V_n – общий объём составной конструкции из сферических сегментов;

S_C – площадь поверхности всех n сферических слоёв без перегородок между ними;

$S_{перС}$ – площадь всех n перегородок в составной конструкции из сферических сегментов;

$S_n=S_C+S_{перС}$ – общая площадь составной конструкции из сферических сегментов, включая площадь n перегородок;

V_T – объём тора;

$S_{Тор}$ – площадь поверхности тора без перегородок;

$S_{перТ}$ – площадь всех n перегородок в торе;

$S_T= S_{Тор}+S_{перТ}$ – общая площадь тора и n внутренних перегородок;

R – радиус сферы каждого из сферических сегментов в составной конструкции;

r_0 – радиус каждого среза на сферическом слое в составной конструкции;

$R_K=R_T$ – радиус центральной линии тора и составной конструкции, которые по условию сравнения объёмно-массовых характеристик должны быть одинаковыми:

r_T – радиус образующей окружности тора.

Для корректного сравнения объёмно-массовых характеристик двух корпусов требуется, чтобы их объёмы были одинаковыми, то есть $V_n=V_T$. Из этого условия определяется радиус r_T образующей окружности тора.

Так как $V_n = n\cdot\frac{2\pi R^3}{3}\left(x^3-3x^2+2\right)$, а формула для объёма тора получается из теоремы Гульдена-Паппа $V_T = 2\pi^2 r_T^2 R_T$, то равенство $V_n=V_T$ приводит к следующему уравнению для определения радиуса r_T образующей окружности тора

$$2\pi^2 r_T^2\cdot\frac{R(1-x)}{\sin\frac{\pi}{n}} = n\cdot\frac{2\pi}{3}R^3\left(2-3x^2+x^3\right).$$

Выражаем:

$$r_T = R\sqrt{\frac{n}{3\pi}\cdot\left(2+2x-x^2\right)\sin\frac{\pi}{n}}.$$

Таким образом, сформирован корпус тора с n одинаковыми перегородками внутри, который имеет такой же объём, как составной корпус из сферических сегментов.

Площадь тора определяется из формулы на основе теоремы Гульдена-Паппа:

$$S_{Тор} = 4\pi^2 r_T R_T = 4\pi^2 R\sqrt{\frac{n}{3\pi}\cdot\left(2+2x-x^2\right)\sin\frac{\pi}{n}}\cdot\frac{R(1-x)}{\sin\frac{\pi}{n}} == 4\pi^2R^2(1-x)\sqrt{\frac{n\left(2+2x-x^2\right)}{3\pi\sin\frac{\pi}{n}}}.$$

Площадь всех n перегородок в корпусе-торе равна

$$S_{перТ} = n\cdot\pi r_T^2 = \frac{n\cdot\pi\cdot n\cdot R^2\left(2+2x-x^2\right)\sin\frac{\pi}{n}}{3\pi} = \frac{1}{3}n^2R^2\left(2+2x-x^2\right)\sin\frac{\pi}{n}.$$

Общая площадь тора и n внутренних перегородок равна

$$S_T = S_{Тор}+S_{перТ} = 4\pi^2R^2(1-x)\sqrt{\frac{n\left(2+2x-x^2\right)}{3\pi\sin\frac{\pi}{n}}}+\frac{1}{3}n^2R^2\left(2+2x-x^2\right)\sin\frac{\pi}{n}.$$

После вывода математических формул можно сравнить площади двух корпусов. Сравнение двух величин удобно выполнить определением их частного, безразлично, в каком

порядке. Для определённости выбираем отношение площади общей поверхности тора с перегородками к площади общей поверхности сферических сегментов тоже с перегородками, но другими по величине, то есть раскрываем отношение $\frac{S_T}{S_n}$. Если это отношение будет больше единицы, то есть $\frac{S_T}{S_n}>1$, то корпус-тор с перегородками окажется тяжелее сферических сегментов с перегородками. Наоборот, если $\frac{S_T}{S_n}<1$, то корпус-тор с перегородками окажется легче сферических сегментов с перегородками. Наконец, если $\frac{S_T}{S_n}=1$, то корпус тор и сферические сегменты будут иметь одинаковые массы.

Раскрываем указанное отношение для первого неравенства, получаем:

$$\frac{4\pi^2(1-x)\sqrt{\frac{n\left(2+2x-x^2\right)}{3\pi\sin\frac{\pi}{n}}+\frac{1}{3}n^2\left(2+2x-x^2\right)\sin\frac{\pi}{n}}}{n\cdot\pi\left(4-2x-x^2\right)}>1.$$

Величина относительного среза задана условием выполнения критерия – максимального отношения объёма к площади поверхности сферического слоя с одной перегородкой, или, что тоже самое по правилам вариационного исчисления, максимального отношения объёма к площади поверхности n сферических слоёв с n перегородками к их общей площади поверхности. Эта величина защищена авторским патентом [4], она равна $x\approx0{,}254991107$. На практике для первоначальных оценочных расчётов вполне достаточна точность три знака после запятой, то есть $x\approx0{,}255$. Подставляем это значение в полученное неравенство. Решение удобно записать в виде дизъюнкции:

$$\left[\begin{array}{l} 0<n\cdot\sin\frac{\pi}{n}<3{,}909; \\ n\cdot\sin\frac{\pi}{n}>4{,}920. \end{array}\right.$$

Так как n принимает только натуральные значения, начиная с n=4, то удобно применить общий метод решения диофантовых задач, то есть метод последовательного перебора.

Таблица. **Начало перебора количества *n* сферических сегментов**

n	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**…**	**1000**
$n\cdot\sin\frac{\pi}{n}$	2,828	2,939	3	3,037	3,061	3,078	3,090	…	3,142 ≈π
Номер выполнения условия	1	1	1	1	1	1	1	…	1

Из таблицы видно, что функция от n монотонно возрастает. Асимптотика представленной функции подтверждает правильность полученного результата:

$$\lim_{n\to+\infty}\left(n\cdot\sin\frac{\pi}{n}\right)=\lim_{n\to+\infty}\left(n\cdot\frac{\pi}{n}\right)=\pi.$$

Из этой же таблицы следует, что в дизъюнкции выполняется только первое условие, то есть $0<n\cdot\sin\frac{\pi}{n}<3{,}909$. Второе условие $n\cdot\sin\frac{\pi}{n}>4{,}920$ никогда не выполняется. Но для истинности дизъюнкции достаточно выполнения хотя бы одного из условий, в данном случае, первого.

С технической точки зрения выполненный математический анализ означает, что корпус в форме *n* одинаковых сферических сегментов, каждый из которых имеет два одинаковых среза сферы на относительной высоте 0,255, с *n* перегородками между ними, замкнутый в кольцо, по массе выгоднее корпуса-тора с тем же объёмом.

Очередной задачей стал расчёт выигрыша в массе при различном количестве сферических сегментов.

Для сравнения объёмно-массовых характеристик корпуса из *n* сферических сегментов с *n* перегородками и корпуса-тора с *n* перегородками была составлена программа в табличном редакторе Microsoft EXCEL. Результаты вычислений приведены на рис. 4.

По горизонтальной оси отложено количество *n* сферических сегментов, или, что то же самое, количество *n* перегородок как в сборном корпусе из сферических сегментов, так и в корпусе-торе. Отсчёт начинается с *n=4*, потому что при меньшем значении нарушаются геометрические ограничения на сборку конструкции. Расчёты выполнены до значения *n=25*. По вертикальной оси отложено отношение S_T/S_n общей площади корпуса-тора, включая внутренние перегородки, к общей площади составной конструкции из сферических сегментов, тоже учитывая перегородки между отсеками.

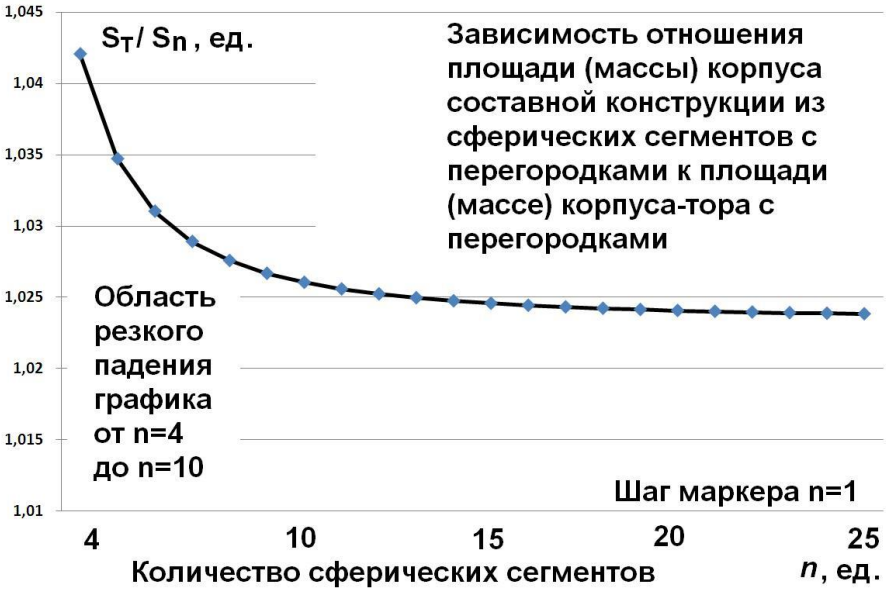


Рис. 4. Графическая форма результата сравнения двух корпусов

Анализ полученного результата позволяет сделать следующие выводы:

1. Так как график расположен выше линии $S_T/S_n=1$, то масса (площадь) корпуса-тора с перегородками всегда больше массы (площади) составного корпуса из сферических сегментов с таким же количеством перегородок. Важно отметить, что каждый сферический сегмент в сборке имеет два оптимальных непересекающихся среза сферы с одной плоской круговой перегородкой, выполненных на относительной высоте *x=0,254991107* от сферы, которая запатентована автором [4, 5, 6].

2. Самый большой выигрыш в массе 4,2% получается для минимального количества *n=4* сферических сегментов и такого же числа перегородок между отсеками в сборке по сравнению с корпусом-тором тоже с четырьмя внутренними перегородками.

3. В диапазоне количества сферических сегментов от *n=4* до *n=10* наблюдается резкое уменьшение отношения S_T/S_n площадей и масс корпусов, но не особо существенное с количественной точки зрения, до 2,6% при *n=10*. Значит, при небольшом количестве сферических сегментов выгодно применять сборные конструкции, а не корпус-тор. Следует отметить, что в созданных и перспективных КА число отсеков не превышает 10, поэтому составная конструкция из сферических сегментов с перегородками между ними по массе оказывается выгоднее корпуса-тора с перегородками того же объёма.

4. При большом количестве сферических сегментов, до $n=25$ и более, выигрыш по массе по сравнению с корпусом тором остаётся существенным, 2,3%. Однако вопрос дальнейшего уменьшения этого показателя конструкции пока не исследован с точки зрения существования горизонтальной асимптоты (0 или другое неотрицательное значение).

Список использованных источников

1. Волоцуев В.В., Ткаченко И.С. Введение в проектирование космических аппаратов: учеб. пособие. – Самара: Изд-во Самарского университета, 2018. – 144 с.
2. Бусленко Н.П. Лекции по теории сложных систем. – М.: Сов. радио, 1973. – 440 с.
3. Иванов В.Л., Меньшиков В.А., Пчелинцев Л.А., Лебедев В.В. Космический мусор. – Том 1. – М.: Патриот, 1996. - Космический мусор: [В 3 т.] / / В. Л. Иванов, В. А. Меньшиков, Л. А. Пчелинцев, В. В. Лебедев. - М.: Патриот, 1996 - Т. 1. - Москва: Патриот, 1996. – 302 с.
4. Патент на полезную модель RU 223867 U1, Российская Федерация, МПК A47G 19/00 (2006/01). Открытая ёмкость максимального объёма с плоским дном и сферической стенкой / Екимовская А.А.; заявитель и патентообладатель - № RU 2023124105; заявл. 19.09.2023; опубл. 05.03.2024, Бюлл. №7. – 22 с.: ил.
5. Патент на полезную модель RU 226295, Российская Федерация, МПК B65D 88/04 (2006.01); B60K 15/03 (2006.01); F17C 1/00 (2006.01). Герметичная ёмкость из сферических слоёв / Екимовская А.А.; заявитель и патентообладатель - № RU 2024106143; заявл. 11.03.2024; опубл. 30.05.2024, Бюлл. №16. – 13 с.: ил.
6. Патент на полезную модель RU 226143, Российская Федерация, МПК B65D 88/04 (2006.01); B60K 15/03 (2006.01); F17C 1/00 (2006.01). Герметичная ёмкость из сферических слоёв с перегородками / Екимовская А.А.; заявитель и патентообладатель - № RU 2024106140, заявл. 11.03.2024; опубл. 22.05.2024, Бюлл. №15. – 11 с.: ил.
7. Фихтенгольц Г.М. Основы математического анализа. В 2-х томах. Том 1. Изд. 6-е, стереотипное. – М.: Наука, Гл. ред. физ-мат. лит, 1968. – 440 с.
8. GELEOT справочник. Кубическое уравнение. Решение кубического уравнения, найти корни. Онлайн калькулятор. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://geleot.ru/education/math/algebra/equation/cubic_equation (дата обращения 26.07.2024).

УДК 608.1

ОПЫТ ОРГАНИЗАЦИИ ПАТЕНТНОЙ РАБОТЫ В ШКОЛЬНОМ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОМ КРУЖКЕ

Екимовская А.А. (студент, МАИ, БФ «Образование+»)
Научный руководитель: д.т.н., с.н.с. Лебедев В.В. (БФ «Образование+»)
e-mail: any_ekimovskaya03@mail.ru

В статье обобщается опыт патентной деятельности при работе с учениками школы. Причиной работы в этом направлении послужили личные ошибки автора при защите результатов интеллектуальной деятельности (РИД). Патентное обучение для школьников рассматривается с психолого-педагогической теории Л.С. Выготского о зонах развития ребёнка. Выявлены основные причины отсутствия интереса к патентованию в школе – нет специалистов-патентоведов, нет требований ФГОС, боязнь школьниками документации. Исправив ошибки, в школьном кружке за один учебный год было получено 6 патентов.

Ключевые слова: *патент, патентная деятельность, изобретение, полезная модель, новизна, обучение, программа обучения, патентная документация, патентное право*.

В статье обобщены результаты инициативного авторского исследования, выполненного во время руководства учениками в школьном научно-техническом кружке «Юный физик – умелые руки». Идея исследования, а затем научно-исследовательская работа появились в результате разрыва между образовательными стандартами и реальным учебным процессом в системе дополнительного образования школьников. Казалось бы, школьный научно-технический кружок как нельзя лучше соответствует началу работы учеников с различными формами интеллектуальной собственности, прежде всего, изобретениями и полезными моделями. Но парадоксом является то, что многие ученики даже не слышали о существования патентных организаций в России, не смогли даже приблизительно пояснить суть патента, а когда увидели примеры охранных документов на товарные знаки и промышленные образцы с примерами финансовых потоков, то сразу поняли пробел в знаниях. В школах не упоминается о патентной работе, а когда студенты сталкиваются с ней, появляется страх, и совершаются грубые ошибки при защите результатов интеллектуальной деятельности (РИД). Опыт показал, что проще изучить основы патентования в школе, в научно-техническом кружке, в системе дополнительного образования, чем потом доказывать свои права на РИД.

Выполненное исследование состоит из трёх частей. Первая часть посвящена обоснованию проблемы необходимости защиты интеллектуальной собственности, начиная с обучения в средней общеобразовательной школы. Вторая часть работы содержит анализ ошибок учеников школьного кружка, связанных с защитой интеллектуальной собственности. Третья часть посвящена разработке предложений по исправлению ситуации, предлагается к внедрению в учебный процесс, пока в области дополнительного образования.

«Гром не грянет, мужик не перекрестится», - так гласит старинная русская пословица [1]. Эти слова наиболее точно отражают состояние патентной работы не только в школьных научно-технических кружках, но и во всей системе образования. Причиной выполнения автором научно-исследовательской работы в области интеллектуальной собственности стали личные ошибки в этом направлении. Увы, но интеллектуальная собственность пока не воспринимается гражданами так, как относятся, например, к собственности на недвижимость: квартиру, дом, земельный участок, не говоря о промышленных предприятиях. Но при этом мировой опыт показывает обратное. За примерами далеко ходить не надо. Попробуйте опубликовать видеоролик на известном сервисе YouTube, включив в него музыкальный фрагмент. Конечно, не личного сочинения. В лучшем случае материал будет заблокирован сразу или через некоторое время, а в худшем – посмотрите на многочисленные судебные процессы по авторским правам и лицензиям. Учитывая личные ошибки, сначала была сформулирована самая общая цель научного исследования, в очень приблизительной вербальной, словесной, содержательной формулировке задачи. Эта цель сводилась к задаче

первоначальной правовой защиты РИД учеников школьного кружка, пусть даже первичной, учебной, пробной. Но обязательно правовой, официальной, со стороны государства.

Актуальность работы над выбранной научной тематикой обосновывается необходимостью разработки законодательной базы, которая не только отражает современное состояние проблемы в средней школе на основе исторического анализа, а, напротив, опережает, прогнозирует события. Личный авторский интерес связан с документом по специальности (специалитету) 24.05.01 «Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов» [2]. Но в этом документе ни на одной из двадцати четырёх страниц текста не встречается корень «патент». Получилось так, что в настоящее время во многих законодательных документах и подзаконных актах наблюдается ниша в области патентной работы, хотя это направление имеет многовековую историю развития как в России, так и в мировой практике [3]. В 2021 году патентоведы отметили 600-летие первого в мире охранного документа. В XVII веке патентное право начало практиковаться в России [4]. Наблюдается естественная ситуация приведения государственных юридических норм в соответствие требованиям современности. Сейчас ничто не мешает не только обеспечить такое соответствие, но ещё и априорно предусмотреть то, что понадобится в перспективе.

Был выбран конкретный **объект исследования** – школьный научно-технический кружок «Юный физик – умелые руки» при МБОУ «Гимназия №5» города Королёва Московской области, в котором автор проработала более пяти лет и постепенно пришла к осознанию важности РИД [5].

Предметом изучения является патентная работа в школьном кружке, начало патентной деятельности школьников. Целевая аудитория выбрана не случайно. Специалисты в области интеллектуальной собственности отмечают: «Чем больше хороших специалистов, тем сильнее рынок интеллектуальной собственности» [6]. Именно рынок сделал задачу начального обучения школьников основам патентного права актуальной, в отличие от множества искусственно навязанных сверху предметов. Сразу видно, что защита РИД начинает приносить студенту материальные блага со стороны государства даже во время обучения в ВУЗе, то есть сразу после окончания средней школы. В таком раннем начале экономической и правовой деятельности студента, а ещё лучше, школьника, заключается **практическая значимость работы.**

Новизна работы состоит в предложении начальной программы обучения школьников основам патентной деятельности.

В процессе выполнения НИР, часто НИОКР, **применён практический метод**, основанный на реальном решении актуальных задач по защите РИД. Однако обучение школьников и студентов на практике основам патентной работы потребовало **теоретически изучить** комплект документации в области патентной деятельности.

Патентная работа в школьном кружке началась с исправления личных авторских ошибок в этом направлении. Однако очень скоро, буквально через год-два, индивидуальный опыт был оформлен в правила для работы школьников в научно-техническом сообществе. Такому оформлению способствовали четыре года работы автора в школьном кружке, последующее обучение на первом и втором курсах вуза, деятельность в студенческом научном обществе (СНО), занятие научно-исследовательской работой студентов, начало работы преподавателем школьного кружка, наконец, научное руководство школьниками при выполнении ими учебных и конкурсных проектов и НИР.

Первый и второй опыты подачи автором заявок на патенты на изобретения прошли с замечаниями именно от незнания патентного законодательства. Особенно критичной оказалась первая заявка [7]. При её подаче были допущены сразу три очень серьёзные ошибки. Первое замечание явилось прямым и непосредственным следствием незнания особенностей патентного делопроизводства. Заявка на изобретение «Способ межорбитального маневрирования космического аппарата» была подана 6 сентября 2021 года. Очень скоро, 16.09.2021, было получено положительное решение формальной экспертизы. Однако только через год, 30 сентября 2022 года, началась экспертиза заявки, по существу, заявленного

технического решения. Вина увеличения срока рассмотрения материалов полностью лежит на авторе. Дело в том, что каждый автор полностью самостоятельно, без какого-либо уведомления со стороны патентного ведомства, обязан оплатить патентные и государственные пошлины. Первая пошлина в льготном начислении согласно «Приложению №2…» (п.1.1) была оплачена в сумме 3300:10 = 330 рублей сразу при подаче материалов заявки [8]. Однако уплата патентной пошлины за подачу заявления не означает автоматического перехода от этапа формальной экспертизы к этапу экспертизы по существу. Только когда была уплачена вторая патентная пошлина, за экспертизу по существу, в льготном начислении (12500:10 = 1250 рублей), в информационном окне цифрового делопроизводства ФИПС появилось сообщение об удовлетворении ходатайства об уменьшении пошлины и начале экспертизы по существу. Не вдаваясь во множество особенностей и тонкостей патентного законодательства и делопроизводства, ученики школьного кружка на этом примере уяснили важные пункты, обязательные для исполнения автором, а точнее сказать, патентозаявителем:

1. Подача заявки на патент, не важно какого вида, изобретение или полезная модель – с такими работают в школьном техническом кружке, является исключительной инициативой заявителя. Это означает, что автор должен полностью самостоятельно, без комментариев из вне, соблюдать все правила патентного законодательства и делопроизводства.
2. Уплата патентных и государственных пошлин является необходимым условием начала делопроизводства по каждому юридически значимому действию патентного законодательства.
3. Своевременное представление правильно оформленных документов значительно ускоряет процесс патентного делопроизводства.
4. Знание патентного законодательства позволяет значительно уменьшить размер патентных и государственных пошлин. Например, для учащихся такое уменьшение происходит до 10% от указанной суммы почти по всем юридически значимым действиям, за исключением ходатайства о выдаче охранного документа (патента) на бумажном носителе, опять-таки, при условии знания законов и инициативе заявителя.

Эти ошибки сразу привели к формулировке правил для учеников школьного кружка, желающих подключиться к изобретательской деятельности. Правила сводятся к известной, банальной фразе: «Законы надо знать!» Но чтобы знать патентное законодательство, его надо изучить хотя бы в минимуме, необходимом для официального общения с патентным ведомством и экономии собственных финансовых средств. Этот минимум включает, прежде всего, знание перечня документов для подачи заявки на патент и размеров патентных и государственных пошлин для каждого этапа рассмотрения материалов. Конечно, сразу появилась необходимость в знании сроков рассмотрения материалов, при нарушении которых заявка будет считаться отозванной даже без уведомления об этом Роспатента со стороны автора.

Однако на этом не прекратились злоключения автора с затягиванием на год, даже больше, сроков рассмотрения материалов первой заявки на патент. Пусть патент будет выдан позднее, пусть даже придётся дополнительно оплатить штрафные санкции за просрочку в уплате пошлин – не это главное, как оказалось позднее. Главное состоит в как можно более раннем утверждении даты приоритета на интеллектуальную собственность. Можно сколь угодно долго призывать школьников и студентов, да и технических работников тоже, к патентованию новых технических решений. Но пока автором, патентозаявителем не будет лично прочувствована эта необходимость, все призывы останутся на бумаге или в архивных записях, пока последние не будут выброшены вместе со старыми тетрадками. Актуализация проблемы всегда связана с личной мотивацией.

Наконец, ещё один вывод после первого неудачного авторского опыта для начинающих изобретателей был субъективный, но одобренный научным руководителем – квалифицированным патентоведом [5]. Наверное, есть смысл рекомендовать школьникам и студентам сначала опробовать силы в патентной защите более простых объектов интеллектуальной собственности – полезных моделей или изобретений типа новых устройств.

Способ в качестве изобретения считается очень сложным видом интеллектуальной собственности. Достаточно сказать, что выше способа находится только открытие.

Теперь можно утверждать, что приобретённый личный опыт автора, пусть даже на отрицательном результате, сыграл более важную роль для последующей деятельности, чем получение патента на изобретение. Этот опыт связан с педагогическим направлением, в которое теперь обязательным решением была добавлена патентная работа.

Авторская педагогическая практика началась сразу после окончания школы и поступления в вуз. Педагогическая деятельность началась в школьном научно-техническом кружке работой преподавателем и научным руководителем учеников, а также с первой ступеньки карьеры, в должности техника на кафедре «Математика» вуза, где пришлось оформлять учебные планы и программы в очень большом количестве. Основы педагогики существенны для правильного общения с учениками, поэтому были изучены основные положения теории Льва Семёновича Выготского о зонах актуального и ближайшего развития ребёнка и о потенциальной психологической зоне [9]. Собственная первая психолого-педагогическая авторская разработка связана с предложением новой модели «Лестница познания» [10]. Для педагогического процесса патентного образования школьников важно не столько качество патентного исследования на предмет новизны технического решения – это область работы профессиональных экспертов-патентоведов в ФИПС. С позиции педагогики по Л.С. Выготскому [9] очень важное значение имеет расширение зоны актуального развития ребёнка. В работе с учениками патентный поиск перешёл из зоны ближайшего развития, возможно, даже потенциальной зоны, в зону актуального развития – то, что ребёнок может сделать полностью самостоятельно. При этом совершенно не важно, что первичный патентный поиск выполнен примитивно, первыми поисковыми словами в Интернете, потому что значение имеет переход знаний в умения и даже навыки, или, как теперь требуют ФГОС, в компетенции [2]. С точки зрения психологии коллектива, а школьный кружок является именно таковым, потому что объединяет учеников единой целью на долгие годы, создан претендент патентного исследования и пример для подражания. Этот претендент был сразу одобрен и преподавателями школьного кружка, и руководством. Сразу появилось дополнение в учебную программу, причём не навязанное искусственно сверху, от администрации, а выработанное опытом самих учеников, необходимое школьникам, научным руководителям, преподавателям, администраторам. Появилась первая выписка в качестве патентного дополнения учебного плана школьного кружка. В отличие от административных документов, эта программа не прошла утверждение в администрации, но зато сразу была принята к работе в школьном кружке. Занятия разделены по форме проведения на теоретические и практические. Теоретический материал преследует цель не ознакомления школьников с патентной областью, а вовлечения их в это направление работы. Первый этап должен быть учебно-созерцательный, поэтому нужны яркие, запоминающиеся примеры. Например, уже упомянутый первый в мире патент на поворотный корабельный кран [3] или захватывающие внимание патенты Теслы и Купера. Именно захватывающие внимание, потому что в лаборатории школьного кружка есть самодельные установки для подобных опытов [5].

Результат работы, сразу надо сказать, долгий, появился через полтора-два года после формулировки новой для школьного кружка задачи. Этот результат виден сразу в двух направлениях. Во-первых, методическая работа доказала ученикам необходимость защиты РИД и научила их первично работать с документацией. Во-вторых, началось безбоязненное общение учеников с представителями научного сообщества.

Патентная работа в школьном кружке началась с исправления личных авторских ошибок. Первый и второй опыты подачи автором заявок на патенты на изобретения прошли с замечаниями от незнания патентного законодательства. Особенно критичной оказалась первая заявка [7]. При её подаче были допущены сразу три очень серьёзные ошибки. Эти ошибки сразу привели к формулировке правил для учеников школьного кружка, желающих подключиться к изобретательской деятельности. Правила сводятся к известной, банальной фразе: «Законы надо знать!».

Наконец, ещё один вывод для начинающих изобретателей был субъективный, но одобренный научным руководителем – квалифицированным патентоведом. Наверное, есть смысл рекомендовать сначала опробовать силы в патентной защите более простых объектов интеллектуальной собственности – полезных моделей.

Очень актуальный вопрос для начинающих изобретателей заключён в выборе вида защищаемой интеллектуальной собственности. Это отдельная строка в дополнении к учебному плану школьного кружка. Обсуждение можно проводить сколь угодно долго, причём не обязательно на специально отведённом для этого уроке. Опять-таки, в процесс работы часто вмешиваются родители, видящие своих чад гениями, совершившими мировые открытия. Выйти из такого противоречия можно только одним способом – родитель не должен вмешиваться в область научной деятельности руководителя. Конечно, начинать общаться с Роспатентом школьнику надо с полезной модели. Простор для творчества не ограничен, особенно на уроках физики, да и математики тоже, как и на других школьных предметах. Примером может служить установка для приближённого определения значения числа «Пи» и её дальнейшее развитие, доказывающая, что с начальной школы можно увидеть то, что надо для красочного преподавания математических законов. И вообще, учебные установки – это первое направление, с которым сталкивается школьник и студент, начиная изобретательскую работу. Но если раньше, полвека назад, действовала система рационализаторских предложений на отдельном предприятии, то теперь стала работать более сильная область полезных моделей в масштабе страны, пока речь идёт о России, до международных заявок нужно достичь соответствующего уровня не только в обучении и развитии, но и в области работы.

Преимущества полезной модели для школьников и студентов, как начинающих изобретателей, проявляются по следующим направлениям:

1. Более быстрое получение охранного документа, по сравнению с патентованием изобретения. Это важно для процесса вовлечения ученика в изобретательство. Психология и педагогика требуют относительно быстрого результата для сохранения интереса к предметной области.

2. Более простая форма описания полезной модели, по сравнению с описанием изобретения. Ученики только начинают работать с технической документацией. Хорошо, если начали изучать черчение и систему Единых стандартов конструкторской документации (ЕСКД). Сложные описания отпугивают учащихся от оформления заявок. Формулу полезной модели тоже рекомендуется сначала составлять из одного пункта.

3. Более дешёвый, по сравнению с изобретением, процесс оплаты пошлин. Для учащихся при соблюдении требований законодательства оплачивается 10% пошлины. На этапе регистрации заявки на полезную модель и принятия решения, по существу пошлина составляет 140+250=390 рублей, что вполне реально для школьников. Для расчёта удобно применить калькулятор пошлин [3], позволяющий выполнить прогноз финансовых затрат. Например, регистрация электронного патента с льготной пошлиной обойдётся в 300 рублей. Далее следуют пошлины за поддержание патента в силе. Но, конечно, максимальная не обязательная затрата 2000 рублей будет на выдачу патента в бумажном виде. Однако ученики и родители хотят видеть красочный результат работы, поэтому обычно всегда идут на такой затратный, но зато эмоциональный шаг.

4. Постоянное созерцание результатов выполненной работы. Особенно это относится к учебным пособиям. Если ученик видит, что на полке лабораторного шкафа лежит его запатентованная установка, то отношение к процессу обучения изменяется принципиально в лучшую сторону. При этом в очередной раз наблюдается прямая взаимосвязь патентной работы с учебно-воспитательным процессом, при которой психология принуждения к освоению материала становится осознанной необходимостью со стороны и ученика, и родителей, и учителя. А, если на запатентованной лабораторной установке указан номер патента и автор, то другие ученики начинают следовать примеру первопроходца.

5. В рейтинге научных достижений вузов, как правило, изобретение и полезная модель находятся на одинаковом уровне под единым термином «Патент». Этот рейтинг очень важен

для участия студента в различных конкурсах на присуждение или назначение дополнительных стипендий. Появляется финансовый стимул для изобретательской деятельности, причём быстрой, то есть опять в виде разработки полезных моделей.

6. Специальные конкурсы изобретателей тоже требуют быстрого результата. К сожалению, такие конкурсы менее представлены в научном сообществе, чем состязания в научно-инженерной деятельности учащихся. Но на традиционных научных состязаниях любой патент сразу вызывает уважение к соискателю со стороны жюри и дополнительные баллы.

На рисунке 1 показано качественное отличие изобретение от полезной модели с позиции патентного законодательства. Для начинающих изобретателей, полезная модель, конечно, является проще.

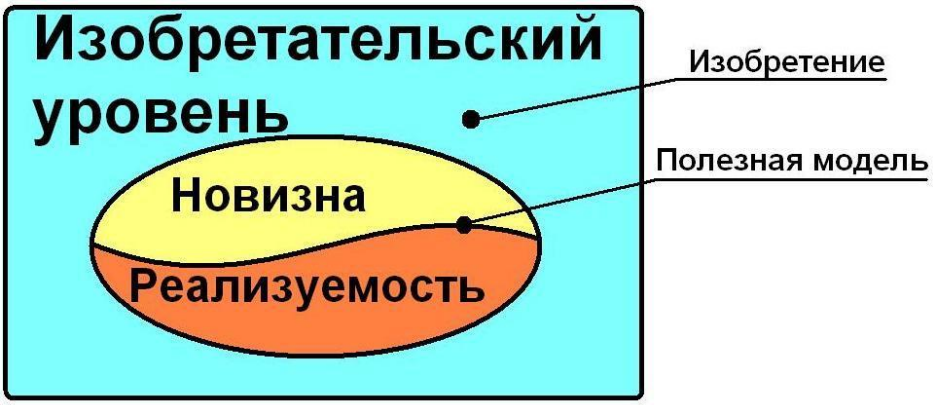


Рис. 1. Расширение требований для изобретения

Опыт показал, что учеников пугают не технические задачи. Школьники конструируют так, что часто научные сотрудники удивляются предлагаемым или уже реализованным выдумкам. Более того, психологический, первичный страх вызывает даже не новая для учеников область деятельности патентного ведомства и экспертов, работающих на стыке техники, права и экономики. Опыт показал, что ученик, впервые подающий заявку на патент, панически боится комплекта документов, которые необходимо оформить. Говорить ученику, что документы не страшные, не сложные – это полностью бесполезное занятие. В ответ будет открыта страница Интернета и показан не то, что бланк заявки на выдачу патента или ходатайства об уменьшении размера льготной пошлины, а таблица, для просмотра которой надо долго-долго делать прокрутку экрана вниз. Бесполезно убеждать ученика, что ему нужна только крошечная часть информации, что надо найти только нужные документы. Намного проще предложить один раз пройти процедуру подачи заявки на патент на полезную модель. Именно поэтому в дополнении к программе работы школьного кружка содержится минимум теоретического материала, но зато максимум практических занятий.

Теперь можно утверждать, что приобретённый личный опыт автора, пусть даже на отрицательном результате, сыграл более важную роль для последующей деятельности, чем получение патента на изобретение [7, 11, 12, 13, 14]. Этот опыт связан с педагогическим направлением, в которое теперь обязательным решением была добавлена патентная работа. На рисунке 2 показаны результаты внедрения учебного патентного курса, отображены количества документов, распределённые по годам работы учеников в школьном кружке: патент на изобретение, поданные заявки на патенты, подготовленные перспективные материалы для заявок и два экспертных отказа. Но при этом один отказ является условным, потому что делопроизводство по заявке на патент на изобретение продолжается, автоматический срок отзыва заявки не истёк. Более того, заявки на патенты на изобретения и полезные модели продолжают подаваться учениками, конечно, под руководством наставников, студентов и преподавателей. Процесс стал непрерывным, студенты вуза последовали примеру школьников.

Рис. 2. Количественные и качественные изменения в патентной работе кружка

Основы педагогики существенны для правильного общения с учениками, поэтому были изучены основные положения теории Льва Семёновича Выготского о зонах актуального и ближайшего развития ребёнка и о потенциальной психологической зоне [9]. Собственная первая психолого-педагогическая авторская разработка связана с предложением новой модели «Лестница познания» [10]. Началось научное руководство школьниками. Сразу появилось дополнение в учебную программу, причём выработанное опытом самих учеников. Опыт показал, что ученик, впервые подающий заявку на патент, панически боится комплекта документов, которые необходимо оформить. Для устранения страха надо предложить один раз пройти процедуру подачи заявки на патент на полезную модель. Желательно и **проще ошибку предотвратить, чем потом её исправлять**. Но для применения этого общеизвестного правила надо владеть основами патентного делопроизводства. В работе предложено распределение обязанностей учеников и руководителей при подготовке заявок на патенты. Например, если реферат обычно не вызывает сложностей, то **формулу изобретения или полезной модели составляет только руководитель**! Школьнику, да и многим студентам, это не по силам. Нужен либо специалист-патентовед, либо обладатель патентов, освоивший процедуру подачи заявок. Трудность организации патентной работы в школах и вузах заключается в отсутствии или малом количестве специалистов-патентоведов. До изучения «Основ патентной деятельности» заявки были редкими, единичными. Но после получения даже первичных знаний предложения от учеников и преподавателей начали не то, что поступать, а даже накладываться друг на друга. Ученики поняли, что им патентная деятельность вполне по силам, а студенты заинтересовались, потому что стали получать повышенные научные стипендии разного вида. Знаний, конечно, не хватает, но с главными патентными документами вполне можно разобраться, особенно с помощью специалиста-патентоведа.

Выводы

1. Опыт разработки и внедрения программы «Основы патентной деятельности» в научно-техническом кружке «Юный физик – умелые руки» показал, что основным препятствием к правовой защите РИД школьниками и студентами является, прежде всего, психологический фактор, боязнь оформления документации, правил делопроизводства, больших сумм пошлин, незнание причитающихся льгот и непривычные, длительные сроки рассмотрения документов.

2. Психологический барьер начинающих изобретателей, как студентов, так и школьников, вполне может быть преодолён, причём сравнительно просто, если руководствоваться педагогическими принципами Л.С. Выготского о процессе обучения и развития как расширении зон актуального и ближайшего развития, применительно к области

интеллектуальной собственности. В процессе обучения расширять следует не только физико-математические горизонты школьника или студента, но ещё и юридически-правовой аспект, причём применительно к собственным, индивидуальным РИД как мощному мотивационному фактору изобретательской деятельности.

3. При введении курса «Основы патентной деятельности» основное внимание было направлено на простое и доступное изложение материала с целью реализации начальных принципов заинтересованности учеников – от живого созерцания к абстрактному мышлению, и вообще, от простого к сложному. Иногда такое изложение требует отойти от принятой терминологии, упростить формулировки, сократить названия документов и так далее – всё это характеризуется первым словом «Основы» в названии реализованного патентного учебного курса.

4. Особое внимание в курсе уделено патентному делопроизводству с выделением и записью требований, которые безукоризненно должны быть выполнены при начале общения с Роспатентом и ФИПС. Все заполненные школьниками бланки руководитель или преподаватель должен тщательно проверить.

5. На конкретных примерах доказано, что не следует бояться ошибок в процессе патентной защиты РИД. Ошибаться могут как заявители, так и эксперты, например, запрашивая разъяснения описания технического решения или оформленной патентной документации.

6. В процессе реализации курса «Основы патентной деятельности» в школьном кружке было выполнено чёткое и строгое распределение обязанностей. Главная задача ученика – думать, пробовать, изобретать, испытывать. Главная задача руководителя – проверять, помогать, исправлять, оформлять, постоянно беседовать с учеником, составлять формулу изобретения или полезной модели.

7. Результат реализации курса «Основы патентной деятельности» проявился очень быстро, хотя не сразу. Сиюминутного решения в патентной работе быть не может в принципе. Через полтора-два года произошёл качественный пересмотр отношения учеников к защите РИД, который выразился в количественных показателях поданных заявок и полученных патентов. Доказательством интереса к изобретательской деятельности стал рост в геометрической прогрессии числа учеников, начавших общение с Роспатентом и ФИПС.

8. Перспектива курса – освоение новых видов РИД в школьном кружке (программ, промышленных образцов и товарных знаков).

Список использованных источников

1. Даль В.И. Пословицы русского народа. – ЮРАЙТ, 2019. – 412 с.
2. ФГОС 24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов (уровень специалитета). – Приказ Минобрнауки России от 12.08.2020 N 964.
3. Мир интеллектуальной собственности. Научно-популярный альманах. – №1. – 2021. – Федеральная служба по интеллектуальной собственности (Роспатент). – ФГБОУ ВО РГАИС. – Ред. коллегия Ивлиев Г.П., Аракелова А.О., Китаева Е.О. и др. – 44 с. – Ил.
4. Карнышев В.И., Семёнов А.В., Пчельникова Т.Н. Патент на объект промышленной собственности. Шаг за шагом. – Томский Университет Систем Управления и Радиоэлектроники (ТУСУР). – 733 с.
5. Лебедев В.В. Центр физико-математического образования. Школьный кружок «Юный физик – умелые руки». – МБОУ «Гимназия №5», город Королёв, Московская область. [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://cfmo.ucoz.ru/ (дата обращения: 27.02.2024).
6. Райм Л., Никлаус А.А. (интервью). Чем больше хороших специалистов, тем сильнее рынок интеллектуальной собственности / Мир интеллектуальной собственности. Научно-популярный альманах. - №1. – 2021. – С. 13–14.
7. Екимовская А.А. Способ межорбитального маневрирования космического аппарата. Заявка на изобр. № 2021126157 от 06.09.2021. Публ.: 06.03.2023, Бюлл. №7. – 1 с.
8. Таблицы видов юридически значимых действий и размеры пошлин. Федеральная служба по интеллектуальной собственности Роспатент. [Электронный ресурс]- Режим доступа: https://rospatent.gov.ru/ru/activities/dues/table (дата обращения: 27.09.2023).
9. Выготский Л.С. Психология развития ребёнка. - М.: Изд-во Смысл, Изд-во Эксмо, 2005. – 512 с.
10. Екимовская А.А. Анализ понятий увлечённости и одарённости в психолого-педагогической модели «Лестница познания». 2023. – С. 4057–4064.

11. Екимовская А.А. Опыт внедрения пакета прикладных программ Scilab в работу школьного технического кружка / Научно-метод. изд. Материалы XXXIV конференции «Современные информационные технологии в образовании» (ИТО-Троицк-Москва_2023). – 2023. – С. 18–20.
12. Патент на изобретение RU 2800901, Российская Федерация, G09B 23/10 (2023.02); G09B 5/02 (2023.02). Учебная установка для демонстрации силы натяжения вращающейся цепочки / Екимовская А.А.; заявитель и патентообладатель - № RU 2022124898/28(054104); заявл. 22.09.2022; опубл. 31.07.2023, Бюлл. №22. – 18 с.: ил.
13. Екимовская А.А. Магнитная демонстрационная модель для оптимизации формы ёмкости / Заявка RU 2023124102 от 19 .09.2023, вх. ФИПС 052974 от 19.09.2023.
14. Патент на полезную модель RU 223867 U1, Российская Федерация, МПК A47G 19/00 (2006/01). Открытая ёмкость максимального объёма с плоским дном и сферической стенкой / Екимовская А.А.; заявитель и патентообладатель - № RU 2023124105; заявл. 19.09.2023; опубл. 05.03.2024, Бюлл. №7. – 22 с.: ил.

УДК 81

FROM TRANSLATION TO IMMERSION: HOW GAME LOCALIZATION INFLUENCES PLAYERS' EXPERIENCE

Жижилева А.В. (студент, Университет ИТМО)
Научный руководитель: преподаватель Сигаев А.С. (Университет ИТМО)
e-mail: zhizhilevaarina29@gmail.com

This article explores the complexities involved in the localization of video games, offering a detailed overview of the process and highlighting key factors that contribute to successful localization. The article includes analysis of Logrus IT, a leading localization company, their strategies and secrets of doing successful game localization.
Keywords: *game localization, localization steps, voiceover, LogrusIT, localization of Assassin's Creed Origins.*

Nowadays the gaming industry is constantly evolving, and the localization of video games has become a crucial aspect of their success in target markets. Game localization ensures that the gaming experience is seamless and enjoyable, regardless of the players' native language background. It goes beyond just textual or visual translation, therefore it needs special analysis that takes into account all the specifics.

This article is dedicated to the multifaceted world of game localization, exploring its steps and common mistakes that developers and translators often encounter. Additionally, we will analyze the strategies and secrets of a leading Russian localization company LogrusIT based on their localization of «Assassin's Creed Origins».

What is game localization

Since the beginning of video game history a lot of people from different countries have been playing them. It has made it necessary to translate games into different languages in order to reach a wider audience. Game localization is the process of adapting a video game for different language and cultural groups, including not only text translation, but also changes in graphics, interfaces, soundtrack, as well as consideration of cultural and legal peculiarities of the target market [1].

Early video game translation was not often a priority for companies due to low budget and the lack of time. Therefore game localization was sometimes done by game's developers who did not have relevant qualification and experience for this work [2]. Poor quality translation caused changes in the meaning of the game and sometimes even made it impossible to play due to crucial mistakes in interface localization. It was obvious that without high-quality localization, even the most elaborate and successful game may not resonate with players in another country. This experience has shown the need for professional interpreters in this activity.

The question is if text translators' knowledge is enough to do a good worthful localization or if it requires new special skills. A literal translation with the original syntax preserved can be difficult to read because a target audience is not always familiar with the source culture, and therefore players will need explanations. That is why the translations must be more similar to creative writing than to literal translation while still conveying all the ideas from the original product. It is called dynamic equivalence, which prioritizes preserving meaning over preserving original structure. Players with translated version of a game should be as immersed in the game process as players with the original one [3].

As time passed by, graphical and audio processing capability improved making games more cinematic and allowing voice acting to be included in video games. The addition of dubbing into video games made the localization process harder. Voiceover requires matching lip movements of the characters, and at this point it was no more just about text translation. The visual component of the game began to play a significant role in the adaptation and it could not be ignored [2]. Many players pay a lot of attention to how much the speech matches the character on screen. Bad voiceovers can easily ruin all the impression for the audience, and the main challenge for localization group is to keep players involved.

Localization steps

As previously stated, game localization is much more than just simple translation. Every game is a complicated structure not only with text, but also with architectural components. It relates to how players interact with game features and experience immersion in the created universe [4]. That is why release in foreign markets requires technical, cultural, and even legal adaptation.

Full game localization includes working with the interface, all in-game texts, voiceovers, graphics and additional materials such as game descriptions for online stores, covers, promos, press releases, advertising and marketing texts, web pages and other materials related to the game release [5].

First of all, it is necessary to translate all interface controls such as buttons, dialog boxes and menu. One of the most common complaints is confusing user interface, and how sometimes players have to go back to the original version to find out what a game wants them to do. In many cases, the game interface is filled with grammatical and spelling errors, which makes players pay attention to them rather than to the gameplay [6].

One of the main stages of localization is translation of all texts used in the game. Working on this part, the localization team has to take game interface, character limits and other client's requirements into account. Style and speech patterns have to match with the characters. Clients can also require subtitles that duplicate all the characters' lines in the target language. It is reasonable to note that translation for subtitles is not the same thing, as translation for voiceovers [5]. In case localization includes voiceover, it should be done before subtitling.

As for voiceover, there are significant cultural sensitivities connected with attitude to a voiceover. While in some countries players will sincerely appreciate original audiotrack with subtitles, in others, they will not choose a game without voiceover. It is important to know the preferences of players before doing the localization [7]. Voiceover is a difficult process that cannot be possible without a skillful team. Project manager, dubbing director and sound engineering group should be gathered. The duration of the work can range from two weeks to six months or even longer. During this period, the team translates and voices all dialogs and video clips in the game [5].

Sometimes a game contains graphics with textual information. It immerses players into the game's atmosphere. However, it is not always easy to recreate with translated texts. if the images are made in a non-editable format, to translate the inscriptions graphic elements have to be redrawn [5]. This process requires additional technical skills.

Cultural adaptation is significant during every step. The process ensures that a game adheres to the standards of different countries. As a result, creators can convey the game's idea to people in their own language and create an emotional connection. In some cases cultural localization can be one of the most important steps for releasing a game in foreign market. It adjusts the translation according to the law of the country and makes it possible for gamers in this country to play it [8].

What makes localization good

The thing about good localization is that players don't feel like they are playing a game that has been translated. This is the main difficulty for developers, because the fact that players prefer full localization means that they have to work on everything at once: text, graphics, voice acting, and cultural adaptation of the game. There are some common mistakes that indicate poor localization and become a hindrance to immersion in the game's atmosphere. These include mistakes such as mistakes connected with textual translation: grammatical (spelling and punctual errors), semantic errors and incomplete translation, non-common incomprehensible abbreviations, lack of creativity while translating [9]. Mistakes connected with the visual component of the game and its graphics: lack of localization of graphics, unreadable and small fonts, altering text placeholders. Mistakes connected with voiceovers: inconsistency between subtitles and voice acting, inconsistency between the sounds pronounced and the lip movements of the characters, a mismatch between the character and his voiceover. Mistakes connected with cultural adaptation: ignoring local language differences, global formatting, wrong use of slang, profanity and offensive language. Let's take a closer look at all the types with examples.

Grammatical mistakes usually draw the players' attention to themselves, and it makes an audience more involved in checking the text rather than in playing the game. There are plenty of

examples when mistakes have turned it into a source of humor or indignation for the players: Misspelling of a phrase in the game “Metal Gear” due to the translator's inattention. Even though it was just a typo, the reaction from the players was overwhelming (Fig. 1.) [10].

Fig. 1. Metal Gear

Fig. 2. Final Fantasy IV

Another example is changing the meaning of a word in “Final Fantasy IV”. The inappropriate translation turned the insult into some sort of joking nickname (Fig. 2) [10]. Semantic translation errors can easily ruin the immersion for players due to misunderstandings.

If a game contains graphics with textual information, it should be translated. Untranslated parts of the game confuse players and make it difficult to understand the plot. Translators should be careful while translating texts in graphics because every game contains not only important textual information, but also code parts not intended to be shown to players. They typically look something like: %1$s, %2$d, etc. These placeholders must not be translated or changed because it can influence the technical component of a game and their display to players [9]. For example, in the game “Persona 3” something happened with the symbol display, which caused the appearance of uncertain squares (Fig. 3) [11].

Fig. 3. Persona 3

Quality voiceovers are important in players' evaluation of the game. When the voice in the new language replaces and closely matches the lip movements, players are more likely to be immersed in the gameplay [12]. Unsuitable voices for the characters are the common complaint among players that ruins all impressions. If an audience keeps thinking that it is not this character who is speaking, the localization problem is obvious. Mismatch with subtitles is also a significant problem: it is distracting when subtitles go faster than voiceover or when the voice actors use a different translation than the one in the subtitles.

Cultural adaptation can be a decisive factor in players' evaluation of the game. Localization should be made using language and manners of expression appropriate to the specific region. The spirit and atmosphere of a game can be completely ruined when translators are unfamiliar with the

slang used in a specific region [9]. Some swear concepts carry different weight in different cultures, or swearing can be even forbidden in some areas. Localization requires reasonable usage of swear words [9]. An important notice is that the target audience expects content to be formatted for their region. Ignoring local format can confuse players, therefore date format, time zone, and currency symbol should be converted according to the region [13].

How is the company "Logrus IT" doing localization?

Logrus IT is one of the leading Russian companies in the market of games localization for personal computers, consoles and mobile devices. For 27 years of work they have localized more than 1000 games. Among them are large-scale projects such as Far Cry, Assassin's Creed, Watch Dogs, Civilization IV and many others. They work with major international PC game publishers and directly with development companies such as Ubisoft, Blizzard, Riot Games, Wargaming, Microsoft Xbox, Creative Mobile [14].

Being successful in the localization market requires an extraordinary approach to work and its quality execution. To find out what techniques and secrets Logrus IT uses to localize games we will look at the articles written by the company on their website and the game "Assassin's Creed Origins" that was localized by the company in 2017. The company itself writes the following about its experience of translating this game: "It was especially interesting to work on the localization of "Origins" because of the unique atmosphere: all these mummies, tombs, pyramids, galleys and priests in dog masks immediately make players feel the spirit of Ancient Egypt. Of course, we had to go through a lot of encyclopedias and history books, but the result was worth it!" [15]. It is noticeable that Logrus IT takes an attentive and responsible approach to learning the lore of the game before doing translation. Representatives of the company with whom we had a chance to talk claim that the first information about the game (general plot, technical details, voiceover issues) was given 5–10 days before the first batch of texts was received. The rest went along with the work, with new details being refined in the process. On the provided screenshots of the game was something general (main and key characters, something from the game menu), and further on request, because the whole game can not be screencapped.

However, lore knowledge cannot work without consistency of terminology in the game. Throughout the whole game the group of translators has to use the same names for places, weapons, ranks and other significant parts of the story. For example, if there is a place with the name Gloomy Swamps, it has to be called like that throughout the entire game. It cannot be called Gloomy Swamps in the beginning of the game, Dark Swamps in the middle and Black Mire at the end of the game [16]. Permanence of the termins helps players to understand the game's story and its setting. It can be difficult for an entire team of translators to stick to the same terminology, therefore the localization group should maintain a glossary with all game terminology such as in-game artifacts, names of characters and places and other important things in the game that have to be consistent in translation [5]. "Assassin's Creed Origins" is a good example of the clever use of glossary for consistency of terminology. Even though a team of 10 translators worked on the game, the translation turned out to be unified.

When translation is finished, it is essential to check it before releasing the game. For this purpose there is Language Quality Assurance (LQA) that determines whether the translation is culturally, linguistically and legally appropriate for the target country [17]. To check localized games Logrus IT has devised a special plan. It includes technical revision in the company's own developed program called AssurIT, which is used to detect inconsistency and semantic errors [17].

Then Logrus IT conducts an overall assessment of the quality of the translation by a native speaker. They use their own approach to quality control of translation which is based on the concept of the Quality Triangle (Fig. 4) [18]. There are two holistic factors: translation appropriateness and readability of sufficiently large cohesive text fragments. The third factor is traditional, and it shows the overall error rate in sentences and lines.

Using this method, they organized thorough translations' quality assurance and reduced the number of undetected errors.

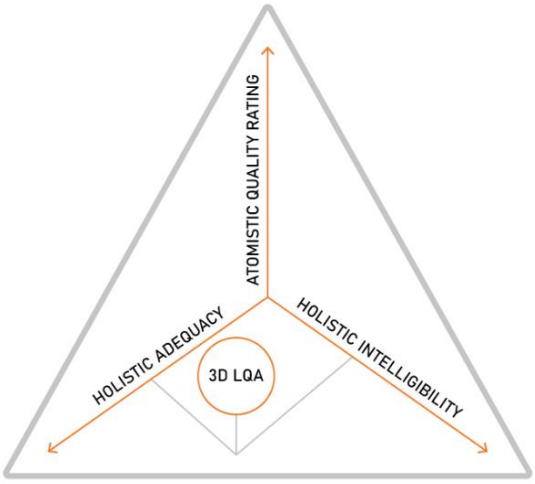


Fig. 4. Quality Triangle

The final part of the plan is testing how text displays in the game. Some lines might have been left untranslated, one block of text is overlapped with another one, a word or sentence is truncated by an interface element, or text is even missing where it should be. At this stage it is also important to check if something that should not be there has appeared in the text. It can be visible placeholders, obscure symbols, translators' comments not intended for players (Fig. 5) [18].

Fig. 5. Translators' comment

Consistent, responsible checking of completed localization helps players to immerse in the game and not get distracted.

Another important stage of localisation and a complex technical process is doing voiceover. Creating a voiceover takes a lot of time and effort: it requires cohesive teamwork between localization team, voiceover directors, sound designers, as well as voice actors. The process starts when the customer sends English texts for translation such as scripts [10]. Logrus, IT had only six months to fully localize the game with voice acting for "Assassin's Creed Origins", so there was no time to waste. During the work on this game about 500000 words were translated, 350000 of which were for voice-overs. After translation is finished editors put the texts under the original audio files; with well-laid texts actors will be able to voice the game faster. It is very important to choose the right actors for the characters they will be voicing, therefore while the texts are being translated, the company does casting. Careful preparation allows the sound recording to be carried out as efficiently as possible with a minimum number of takes.

To sum up, localization is an extremely complicated process that requires a lot of time and effort and qualified specialists in different fields. It is not just text translation, therefore different

special skills are needed. Game localization includes steps, following which you can achieve a quality result. Having analyzed localization of “Assassin’s Creed Origins” by LogrusIT based on these localization steps and frequent mistakes, we can conclude that the localization company has done a good quality work and deserves to be the market leader. LogrusIT also developed its own measure of the quality of localization of the game, which simplified the understanding of this area. It is a major contribution to the study of the field of game localization.

References

1. Video Game Localization: How to successfully expand globally. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: clck.ru/3Cytff (дата обращения: 17.05.2024).
2. Wikipedia, Video game localization. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://en.wikipedia.org/(дата обращения: 17.05.2024).
3. Dynamic equivalence in translation. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://clck.ru/3CytqS (дата обращения: 25.05.2024).
4. The Art of Video Game Architecture. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://clck.ru/3CytrS (дата обращения: 26.05.2024).
5. Game Localization (in russian language). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://clck.ru/3Cytva (дата обращения: 01.06.2024).
6. Miguel Á. Bernal-Merino: Creativity in the translation of video games – Roehampton University London, 2008. – 14 p.
7. Subtitles or dubbing: a worldwide issue (in russian language). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://clck.ru/3Cyu2T (дата обращения: 13.06.2024).
8. Integration of Cultural Localization in Globalization Strategy. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://clck.ru/3Cyu4N (дата обращения: 17.06.2024).
9. 15 Most Common Video Game Localization Problems. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://clck.ru/3Cyu5K (дата обращения: 24.06.2024).
10. Bad Video Game Translations and the Cost of Poor Localization. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://clck.ru/3Cyu62 (дата обращения: 03.07.2024).
11. Exploring Game Bug Testing. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://clck.ru/3Cyu7Y (дата обращения: 07.07.2024).
12. How voiceover in localization is done (in russian language). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://clck.ru/3CyuAF (дата обращения: 07.07.2024).
13. Content localization mistakes cost you - here’s how to fix them (every time). [Электронный ресурс]. – Режим доступ: https://clck.ru/3CyuAw (дата обращения: 09.07.2024).
14. Game localization and game content development studio (in russian language). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://clck.ru/3CyuBp (дата обращения: 10.07.2024).
15. Back to Origins! (in russian language). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://clck.ru/3CyuE3 (дата обращения: 21.07.2024).
16. Why and how games are localized (in russian language). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://clck.ru/3CyuG6 (дата обращения: 24.07.2024).
17. Game localization: what is LQA and how it works (in russian language). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://clck.ru/3CyuH8 (дата обращения: 01.08.2024).
18. Quality Triangle Methodology (in russian language). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://clck.ru/3CyuHy (дата обращения: 08.08.2024).

УДК 658.8.013

THE IMPLEMENTATION OF GAMIFICATION MECHANICS TO MOTIVATE USERS TO CREATE CONTENT: A CASE STUDY OF THE «BEAUTIFUL PLACES» SERVICE IN THE «I LIVE HERE» APP

Зезюлин П.В. (студент, Университет ИТМО), **Боровков Г.С.** (студент, Университет ИТМО)
Научный руководитель: доцент Горгадзе А.А. (Университет ИТМО)
e-mail: grigoriy.borovkov@gmail.com

Companies are using user-generated content (UGC) in their services more often nowadays to create a sense of community around their products. The use of gamification mechanics has become a major trend. This article explores the possibility of using gamification to increase user motivation for creating UGC. It provides a research plan and methodology for implementing this approach.
Keywords: *gamification, user-generated content, customer online behavior, customer loyalty, community.*

Research Questions

Based on research data on trends in loyalty programs [1], one of the leading trends that can be identified is gamification. This trend is evident in Russian companies such as Megafon, Yandex, Sberbank, and Bukvoed, as well as in Dodo Pizza and many others. By using available game mechanics, these products increase the LTV (lifetime value) of users, such as Plus City from Yandex and Beauty Tamagotchi from Golden Apple.

Through the introduction of gamification, companies have created a new business model - game development. Despite intense competition in the gaming industry, they initially gained a competitive edge through user engagement. However, this has not allowed them to completely replace traditional gaming experiences. "How can we keep users engaged with our service for as long as possible?" is a key question for digital product teams.

In this, we find a common challenge in game development and digital products with gamification. The case presented in the article is complicated by the use of UGC mechanics in gamification.

Relevance

UGC's impact is growing rapidly, driven by the third era of the buyer-seller relationship. While the first two eras were based on mass media and personalized experiences, the current era is focused on community. A sense of belonging to a product is an important aspect of today's market [2]. Product teams use various methods to integrate customers into their communities in order to build trust. According to TINT, 82% of survey respondents prefer to learn about new products through community channels, rather than through brand identity [3]. This trend towards simplification has led to the rise of gamification, which is both easy to consume and challenging to create.

In "I Live Here" app's case, we have a solid foundation in the form of a limited number of users who represent the modern community.

Solution

One of the tools for addressing the challenge of motivation in game development is to segment the entire player base into psychotypes such as "contributor", "collaborator", "communicator", or "challenger", according to the Richard Bartle taxonomy. We aim to use this framework to tailor existing game mechanics for UGC (user-generated content) service loyalty programs.

To assess the potential for using this framework in the future, we plan to evaluate the overall impact of gamification on UGC services, considering the top level of influence on service. This will allow us to create a comprehensive scheme for our research. We will use a top-down approach to determine the relationship between user's motivation for using the service and generating content and gamification at the first level. At a lower level, we will compare the effectiveness of the Richard Bartle method with the others. Finally, at the lowest level, we will analyze the mechanics for each player type.

Thanks to the proposed method, we will be able to track the relationship between the user's level of motivation for content creation and the introduction of gamification techniques at each stage of the research. With the data from the first and second levels, we will be able to determine specific mechanics for each psychotype, highlighting the most effective ones for our case.

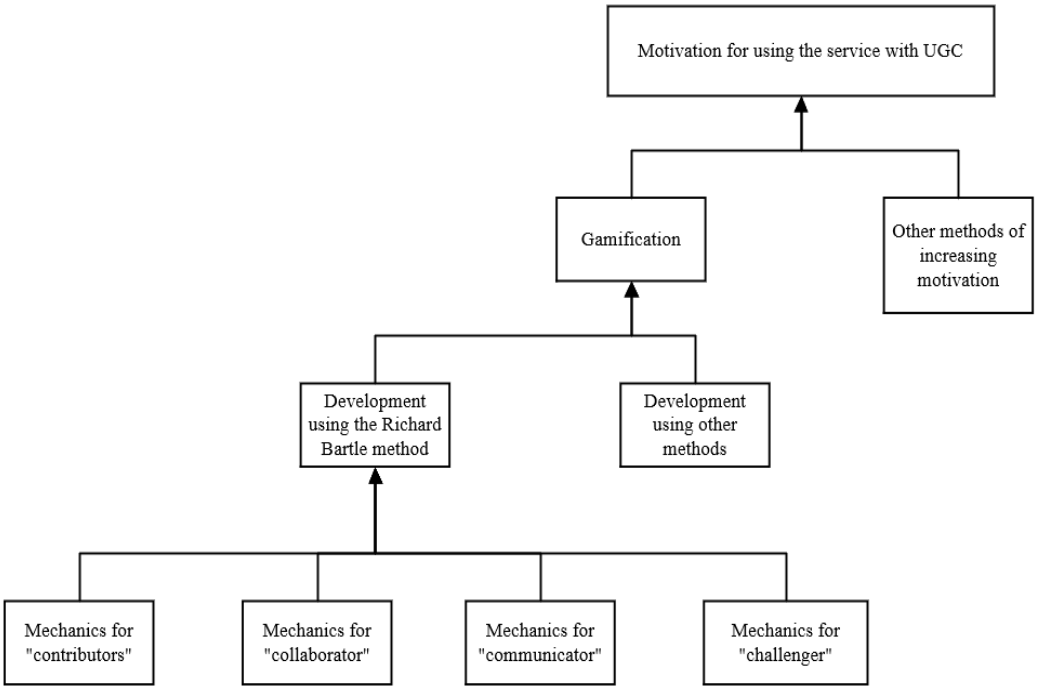


Figure. The relationship diagram between the success of a result and the methods used to achieve it

Data collection

It is planned to conduct both quantitative and qualitative research, as well as a content analysis of existing practices and psychodiagnostic observation methods. The main focus of the study will be on respondents who already use gamification services. This will allow us to gather information from the target audience, which can then be used to validate hypotheses about the use of game mechanics in services.

Since the topic under discussion is related to the field of game development and the use of gamification to increase customer loyalty, we will use analytical materials from these two fields for our study. Additionally, current practice will allow us to assess the actual gamification methods' level and compare them with those used in our study framework.

Considering the specific features of the game development market, such as the constant change in market conditions for popular genres and game formats, we will also conduct a retrospective analysis of the gaming market. Through this analysis, we aim to understand the main influencing factors and the latest market trends. In this way we will be able to proactively abandon outdated gamification techniques. The research will utilize analytical materials from Newzoo, Sensor Tower, SocialPeta, and Tenjin, as well as industry research from GameDiscoverCo and MISTPLAY and other sources.

By combining these data sources with insights gained from user interviews and surveys, we aim to develop a comprehensive understanding of how gamification mechanics are evolving. This will help us identify key drivers of user engagement and loyalty within different service environments. Ultimately, the findings will contribute to refining our framework for implementing gamification strategies more effectively, tailored to the specific needs and behaviors of modern users.

Data Analysis

Since the article examines motivation, which is directly related to psychology, it will become a cornerstone in empirical research. The use of psychodiagnostic methods can help us to more accurately identify and evaluate the factors that influence both the accuracy of our research and the final outcome. The study is based on an analysis of behavioral characteristics, and therefore, the analysis will consider the subjective traits of each individual respondent in depth.

The research methods we use are based on general scientific principles, such as consistency, complexity, and cognitive completeness. We aim to maintain the integrity of both theory and practice in our research, as we have the opportunity to collect and verify data through a practical case study.

We utilize general scientific methods, including analysis, comparison, and generalization, as well as more specific techniques such as content analysis, observation, and grouping. By integrating these diverse approaches, we ensure that our study is grounded in both robust scientific methodology and real-world application, ultimately contributing to a more comprehensive understanding of gamification's impact on user behavior and motivation.

Existing Solutions

We have already mentioned examples of gamification in Russia, but they do not relate to UGC. One striking example of the combination of gamification and user-generated content is the project by the American company Dixie. During the pandemic, they launched a flash mob called "What Can Dixie Take Off Your Plate?" [4].

The idea was for US residents to share their struggles and concerns about life during quarantine. Every week for two months, Dixie awarded 500 winners with prizes. This created a lot of buzz on social media. Through the creation of a social game during a time of uncertainty, Dixie managed to build a community quickly and successfully by the summer of 2020.

In science, the use of gamification as a tool for user-generated content (UGC) motivation has been explored in various contexts. For instance, existing studies have examined the application of gamification techniques in the promotion of online libraries [5] and within specific regions [6]. Additionally, there have been studies on UGC in the realm of travel technology. Estela Marine-Roig's articles "Destination Image Analytics through Traveller-Generated Content" [7] and "Content Analysis of Online Travel Reviews" [8] considers UGC as a practice of influencing the image and availability of content about places. These studies can serve as a basis for analyzing existing UGC platforms. The factors identified by the authors can be utilized for a retrospective analysis of changes in preferences, while considering the subjective nature of data collected through in-depth and quantitative interviews.

Timetable

August 1 – September 15:

1. Literature review on customer motivation for content generation.
2. Market analysis of existing solutions to increase customer motivation for generating content.
3. Collection of information on available methods for developing gamification services.

September 15 - November 15:

1. Research into Richard Bartle's methods for UGC (User-Generated Content) development.
2. Formulation of hypotheses on using Richard Bartle's taxonomy for development.

November 15 - December 15:

1. Investigation into the impact of gamification on user motivation to generate content.
2. Testing hypotheses, drawing conclusions, and concluding work.

References

1. Loyalty Program Trends 2025 report. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.openloyalty.io/insider/loyalty-program-trends (дата обращения: 20.06.2024).
2. A better way to build a brand: The community flywheel. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.mckinsey.com/capabilities/growth-marketing-and-sales/our-insights/a-better-way-to-build-a-brand-the-community-flywheel (дата обращения: 28.06.2024).
3. The State of Community Powered Marketing 2024. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.tintup.com/state-of-community-powered-marketing/ (дата обращения: 10.07.2024).
4. What Can Dixie Take Off Your Plate? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.reishtein.com/work/what-can-dixie-take-off-your-plate (дата обращения: 10.07.2024).
5. Maranchak M., Maranchak N. Gamification Mechanics Usage for UGC Promotion in Online Library Marketing // Ukrainian Journal on Library and Information Science. – 2023. DOI: 10.31866/2616-7654.11.2023.282652.
6. Park D.-H., Lee S. UGC Sharing Motives and Their Effects on UGC Sharing Intention from Quantitative and Qualitative Perspectives: Focusing on Content Creators in South Korea. Sustainability. 13. 9644. – 2021. DOI: 10.3390/su13179644.
7. Marine-Roig E. Destination Image Analytics Through Traveller-Generated Content. Sustainability. 11. Article 3392. – 2019. DOI: 10.3390/su11123392.
8. Marine-Roig E. Content Analysis of Online Travel Reviews. – 2022. DOI: 10.1007/978-3-030-05324-6_31-1.

УДК 316

ПРОБЛЕМЫ КОММЕРЦИАЛИЗАЦИИ ИННОВАЦИОННЫХ РАЗРАБОТОК ГИБРИДНЫХ МАТЕРИАЛОВ: ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Иващенко В.В. (аспирант, Университет ИТМО)
Научный руководитель: к.э.н., доцент Николаев А.С. (Университет ИТМО)
e-mail: vvivashchenko@itmo.ru

В данной статье проводится анализ проблемы и подходы к коммерциализации инновационных технологий, подчеркивая разрыв между научными исследованиями и их практическим применением в промышленности. Несмотря на значительный рост патентной активности университетов, лишь небольшая часть исследований находит коммерческое продолжение. Авторы приводят определения и подходы к коммерциализации, примеры и статистику по существующим кейсам коммерциализации.
Ключевые слова: *гибридные материалы, управление интеллектуальной собственностью, коммерциализация, патенты, технологический рынок.*

Достижения и открытия фундаментальной науки в различных областях ежегодно публикуются в сотнях тысяч научных журналов. Индекс публикационной активности научных сотрудников демонстрирует устойчивый рост с каждым годом, превышая показатели предыдущих лет. Однако, с точки зрения коммерциализации и реального сектора экономики, лишь незначительный процент научных исследований находит практическое применение в промышленности. Во многих нишах технологии не выходят на рынок, несмотря на длительное время, которое они проводят в исследовательском секторе. Разумеется, в разных областях могут существовать различные причины, по которым разработки не переходят в стадию продуктов, начиная от невозможности масштабирования конкретного решения и заканчивая регуляторными требованиями в отрасли. И хотя в последнее время частный сектор экономики во многих странах стал активно инвестировать в научные исследования это в меньшей степени поспособствовало результативности в отношении их коммерциализации.

Чтобы исследовать проблему коммерциализации инновационных технологий, рассмотрим, какие подходы и определения существуют, а также, какие этапы выделяют в этом процессе.

Американские исследователи под коммерциализацией определяют процесс преобразования результатов научных исследований и разработок в товары или услуги, которые могут быть проданы на рынке, принося доходы университетам и участвующим в этом процессе сторонам. Они выделяют следующие основные варианты реализации этого процесса: создание спин-офф-компаний на основе научных открытий с последующим получением доли прибыли или дохода от продажи этих компаний; патентование и лицензирование перспективных научных открытий для получения прибыли от продажи лицензий; организацию обучающих программ для исследователей по правовой и коммерческой деятельности, особенно для взаимодействия с венчурными инвесторами и «бизнес-ангелами» [1].

В других источниках коммерциализация технологий представляет собой:

1) процесс превращения результатов научно-технической деятельности в товар и их эффективную реализацию в промышленных масштабах [2];
2) процесс, с помощью которого результаты НИОКР своевременно трансформируются в продукты и услуги на рынке [3];
3) деятельность, направленная на получение прибыли от конкретных технологических разработок и включающая в основном мероприятия по активному маркетингу продукта [4];
4) процесс выделения средств на инновации и поэтапного контроля за их расходованием, включая оценку и передачу завершенных и освоенных в промышленных условиях результатов инновационной деятельности. Это означает, что коммерциализация объединяет функции финансирования, управления инновациями и передачи результатов с целью ориентации их на положительный коммерческий (т.е. самоокупаемый) результат [5].

Основные шаги коммерциализации:

1. Сбор фактических данных о текущем состоянии отрасли в которой планируется разработка.

2. Выделение макро-трендов и прогнозы их развития с указанием влияния на разработку.
3. Понимание что будет происходить дальше, выбор направления: формирование сценариев развития ситуации в некотором будущем в выбранном сегменте рынка для разработанного технического решения.
4. Выбор перспективного и «посильного» сценария для идеи/технологии, формулировка гипотезы.
5. Подготовка продукта под перспективный сценарий его реализации.
6. Оформление исключительных прав на РИД, заключенных в продукте.

Многие специалисты уже выдвигали гипотезу о том, что в большинстве путей коммерциализации инноваций проблемным полем является блок интеллектуальной собственности, без которого процесс коммерциализации либо значительно тормозится, либо просто становится невыгодным для стейкхолдеров. В частности, это отражается в том, что патентуется менее половины изобретений, либо запатентованные изобретения находятся в стадии концепции и далеки от продуктов, способных приносить доход, либо такие патенты написаны не с точки зрения стратегии охраны будущего продукта, а просто с точки зрения правил патентования, что не позволяет патенты выполнять его основную функцию – обеспечивать монополию на запатентованное решение.

Несмотря на то, что работа над этой проблематикой в разных странах велась уже давно, никто из исследователей не оценивал степень её влияния в разных областях научных исследований. Однако в разных областях науки и техники этот критерий будет иметь свой коэффициент влияния и будет по-разному воздействовать на результат коммерциализации.

В качестве эксперимента в Америке в 80-е принятие ряда законов в отношении коммерциализации инноваций, в частности закона Бэя-Доула, якобы сдвинуло проблему с мертвой точки. По данным некоммерческой организации «AUTM» (которая ежегодно собирают статистику по финансированию и лицензированию научных исследований) в течение только 2005 года на рынок из университетских разработок вышло 527 новых товаров, было создано 628 новых спин-офф-компаний (а всего с 1980 года их было создано более 5000), были выпущены 4932 новые лицензии. В 2010 году было выпущено 657 новых коммерческих продуктов, 651 стартап-компания, созданная на основе университетских технологий, 498 из которых имели основное место деятельности в штате, где базируется лицензирующий институт, оформлено 4284 лицензий. В 2022 году технологии, разработанные университетами и научно-исследовательскими институтами, стали основой 850 новых коммерческих продуктов, что почти на 7% больше, чем в 2021 году [6].

Возможность получать финансирование для дальнейших разработок на базе доходов от лицензирования интеллектуальной собственности показала, что иногда может превышать даже доходность от грантовой деятельности. Для многих областей научных исследований этот шаг может и не полноценным, но точно частичным решением проблемы запуска процесса коммерциализации. Однако, это решение не стало универсальным, не во всех случаях показывает эффективность и прижилось далеко не во всех даже развитых странах. В частности, в России, вузы и НИИ пока не преодолели эту проблему, и на текущий момент времени не пошли по «американскому» пути создания бизнес-инкубаторов, акселераторов и стартап-студий в каждом высшем учебном заведении. Следовательно, вопрос о преодолении проблем коммерциализации инноваций остаётся открытым.

Также важно дополнить эту гипотезу тем, что работа по выявлению охраноспособных и патентоспособных РИДов в научно-исследовательских проектах зачастую является нетривиальной задачей. И до момента, пока в области патентования появятся действительно качественные («сильные») патенты, которые индустриальный партнёр оценит целесообразным выкупить и коммерциализировать (развить) может сформироваться обширная практика по отозванным или аннулированным заявкам, выделенным патентам и т.п. Когда какое-то техническое направление только зарождается можно увидеть, что первые патенты далеки от совершенства и стараются охватить как слишком широко полученный результат, на основании чего иногда могут быть оспорены или аннулированы.

Далее на примере технологической области развития гибридных материалов проанализируем, насколько именно проблема работы с интеллектуальной собственностью может стопорить процесс коммерциализации.

В работе французских и немецких ученых (CNRS, UPMC, CEA, Fraunhofer ISC) приводятся примеры по коммерциализации проектов по разработке разных гибридных материалов: гибридные материалы на основе галоизита, координационные полимеры, наносоли, дискретные органические-неорганические гибридные наноматериалы и т.п. Во всех видах гибридных материалов авторы приводят удачные примеры коммерциализации, продукты, которые уже вышли на рынок и у которых есть в том числе товарные знаки. В разделе, который описывает текущее положение, метал-органических каркасов, приводят в пример кейса компании BASF, которому уже больше 10 лет, и который в ближайшие 5 лет можно будет признать устарелым, кейс NuMat Technology, который будет подробнее описан ниже [7].

Также в статье упоминают компанию MOF Technologies, которая смогла коммерциализировать МОК, полученный универсальным и экологичным одностадийным методом производства МОК для крупносерийного производства [8].

В статье группы учёных из Северо-Западного университета Иллинойса, фармацевтической компании Merck KGaA, химического холдинга BASF SE и компании NuMat Technology обсуждается подход к коммерциализации технологий, сформированных на базе МОК. В статье представлена NuMat Technologies[1] как пример успешной коммерциализации МОК. NuMat с 2013 года использует модель коммерциализации «от начала до конца»[2], которая интегрирует вычислительное моделирование, химию и инженерные процессы для масштабирования МОК и интеграции их в новые продукты и процессы. Эта модель решает промышленные задачи, объединяя разнообразную экспертизу в единый процесс коммерциализации. Но этот пример является исключением, а не правилом, поскольку производства, которые нуждаются в новых материалах, таких как МОК, не разрабатывают их самостоятельно, а, наоборот, должны потреблять результаты научной деятельности по их созданию. Основная проблематика коммерциализации по мнению авторов заключается в том, что не происходит интеграция, между разработчиками конкретных материалов с теми системами, в которые они впоследствии должны быть интегрированы. Для достижения этой цели необходима междисциплинарная экспертиза и интегрированный научно-исследовательский и опытно-конструкторский процесс, охватывающий все этапы – от открытия до производства конечного продукта. В тексте особо подчеркивается важность сотрудничества между академическими учреждениями, интеграторами приложений, поставщиками химических материалов и конечными потребителями. Такое сотрудничество является ключевым фактором для успешной коммерциализации МОК, позволяя преодолеть существующие барьеры и обеспечить плавный переход от лабораторных исследований к промышленному применению. Однако такое видение решения проблемы коммерциализации не позволяет реализовать потенциал уже созданных материалов, на которые авторами и учреждениями уже получен патент [9].

[1]NuMat Technologies – спин-офф, созданный на базе академической лаборатории, использующий вычислительное моделирование для разработки и коммерциализации МОК. NuMat активно работает в таких областях, как электроника, оборона, специализированные химикаты и биологические науки.

[2]Компьютерное моделирование: Использование вычислительных методов для прогнозирования и моделирования новых материалов, что позволяет ускорить процесс их разработки. Экспериментальная валидация: Синтез, характеристика и проверка материалов в лабораторных условиях для подтверждения их свойств. Масштабирование производства: Переход от лабораторного к промышленному масштабу, оптимизация синтетических рецептов, выходов и распределения размеров кристаллов. Функционализация и интеграция: Придание материалам необходимых свойств и формирование их в нужные формы для конкретных приложений. Тестирование и оптимизация: Проведение тестов в реальных условиях, чтобы убедиться в работоспособности материалов и систем, а также оптимизация их на основе полученных данных. Производство конечного продукта: Переход от прототипов к серийному производству, обеспечение соблюдения всех нормативных и качественных требований.

Также авторы приводят статистику по патентной активности в данной области исследований. Однако, данные графиков, приводимые авторами, не представляются достоверными. На рисунках авторов показан рост числа заявок на патенты с 2001 по 2019 год, доходящий до 800 штук, в то время как к 2019 году количество патентов уже измерялось тысячами, что подтверждается при проведении аналогичных поисковых запросов в профессиональной патентной базе – Орбит. Общий рост числа заявок интерпретировать как реальный рост отрасли проблематично, поскольку необходимо координировать её со статистикой отзывов заявок, отказа в патентовании, и аннулирования таких патентов, чтобы увидеть реальную чистую картину по патентной активности. График по географическому распределению заявок также составлен некорректно, поскольку за одним основанием приводятся как страны сами по себе, так и региональные патентные ведомства по типу EPO, который в итоге идёт в сравнение с некоторыми странами, входящими в Евросоюз, например – Germany. В данном исследовании будет предоставлены актуальные данные о патентной активности, а также качестве таких патентов, пересмотрена география. Китайский сегмент в патентовании будет рассматриваться отдельно ввиду специфики китайского законодательства в области интеллектуальной собственности. Круговая диаграмма, показывающая распределение между принадлежность правообладателей к тому или иному сектору: академии, государственному сектору, индустрии и прочее тоже не выглядит правдоподобной. При изменении общего количества анализируемых данных смещение в сторону академического сектора будет очевидным. Авторы формируют вывод о том, что большинство патентной активности сосредоточено в Китае и США, что указывает на лидирующие позиции этих стран в области инноваций, однако лидирующие позиции должны быть признаны за теми странами, в которых происходит реальная коммерциализация, а не прирост научного знания, которое остается на этапе заявки.

Учёные из компании BASF в своей статье о перспективах индустриального применения метал-органических каркасов также пишут, что основной проблемой коммерциализации является проблема масштабируемости синтеза. Они подчеркивают необходимость разработки методов, которые могут производить большие количества MOF с консистентным качеством. Несмотря на то, что в создании таких материалов важно обеспечивать их стабильность, не токсичность при условии, что требуется также постепенно снижать их стоимость, т.е. переходить на более дешёвые компоненты, из которых они синтезируются, авторы пишут, что заметен рост рынка: рынок МОК растет с годовым темпом роста 13,2% и ожидается, что он достигнет значения 24,3 миллиарда долларов США к 2030 году [10].

Общим во всех работах, которые говорят о проблемах или перспективах коммерциализации, метал-органических каркасов является то, что разные стартапы и малые научные предприятия выходят или вот-вот выйдут на рынок, однако никаких конкретных примеров, кроме тех, что были обозначены ранее никто не описывает.

Статья в журнале Energy Mater анализирует интеллектуальную собственность в контексте разработки и коммерциализации низкоразмерных углеродных материалов в батареях. Исследование включает глобальный анализ патентов, связанных с этими материалами, используя базу данных Китайского центра знаний по инженерным наукам и технологиям (CKCEST). Анализ проводился по ключевым словам, включая очистку данных и профессиональный анализ патентов, чтобы выявить историю развития, технологические горячие точки, эволюционные тенденции и сеть между странами, учреждениями и исследователями. Было получено 4080 записей по патентам на низкоразмерные углеродные материалы по состоянию на 2023 год, с тенденцией к увеличению, особенно заметной в 1994, 1995, 1999 и 2000 годах, с пиком в 445 патентов в 2003 году. Однако, несмотря на большое количество патентов, было выявлено только 2 примера коммерциализации: партнёрство между William Marsh Rice University, James Mitchell Tour и Carbon Nanotechnologies Corporation, а также между Hon Hai Precision Industry и Tsinghua University в Китае [11].

Резюмируя, приходим к следующим выводам: отсутствие коммерциализации технологий в области гибридных материалов не заключается только в неподдерживаемости

патентов в силе. Некорректно составленные патентные заявки в большей степени препятствуют их коммерциализации, поскольку не дают компаниям получить качественную монополию для масштабирования и развития той или иной технологии. При этом полное отсутствие патентов затрудняет их поиск и анализ коммерческим организациям. Наиболее губительным фактором является отсутствие стратегии коммерциализации, что препятствует их эффективному внедрению на рынок. Это включает в себя не только технические аспекты, но и маркетинговые и финансовые стратегии, необходимые для успешной коммерциализации.

Список использованных источников

1. Марков К.А. Коммерциализация научных исследований в университетах США // Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. – 2009. – №. 5. – С. 22–30.
2. Жиц Г.И., Квашнина М.Н. Коммерциализация новшеств и инновационный трансфер: некоторые подходы к трактовке понятий // Инновации. – 2006. – №. 11. – С. 47–51.
3. Дж. Казметский. Вызов технологических инноваций на пороге новой эры общемировой конкуренции // Трансфер технологии и эффективная реализация инноваций. – Москва: АНХ, 1999. – 294 с.
4. Толковый словарь «Инновационная деятельность». Термины инновационного менеджмента и смежных областей. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://innovativeactivities.academic.ru/204/Коммерциализациятехнологий (дата обращения: 07.09.2024).
5. Комков Н.И., Бондарева Н.Н. Проблемы коммерциализации научных исследований и направления их решения // Проблемы прогнозирования. – 2007. – С. 4–28.
6. Autm: Archived Licensing Surveys. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://autm.net/surveys-and-tools/surveys/licensing-survey/archived-licensing-surveys (дата обращения: 03.09.2024).
7. Sanchez C., Belleville P., Popall M., Nicole L. Applications of advanced hybrid organic–inorganic nanomaterials: from laboratory to market // Chemical Society Review. – Iss. 2. – 2011. – Vol. 40. – Pp. 696–753.
8. Casaban J. et. al. Towards MOFs' mass market adoption: MOF Technologies' efficient and versatile one-step extrusion of shaped MOFs directly from raw materials // Faraday Discussions. – 2021. – Vol. 231. – Pp. 312–325.
9. Wasson M.C. et. al. The State of the Field: From Inception to Commercialization of Metal-Organic Frameworks // Faraday Discussions. – 2020. – 89 p.
10. Mueller U. et. al. Metal-organic frameworks – prospective industrial applications // Journal of material chemistry. – 2006. – Vol. 16. – Pp. 626–636.
11. Su C., Gao X., Liu K., Wang S., Dai Y., Dong H., Liu Y., Zhu J., Zhang Q., He G. An intellectual property analysis: advances and commercialization of low-dimensional carbon materials in batteries // Energy Materials. – 2024. – Vol. 4. – P. 400048.

УДК 001.895

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ КАК ЧАСТИ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ МЕДИАКОМПАНИЙ

Киселев А.Д. (аспирант, Университет ИТМО)
Научный руководитель: к.э.н., доцент Силакова Л.В. (Университет ИТМО)
e-mail: arkadijk99@mail.ru

В работе рассмотрены существующие исследования, посвященные изучению инновационного развития медиакомпаний с целью определения существующих направлений по созданию и управлению инновациями в медиа, что позволит определить отраслевые особенности, которые отличают медиаиндустрию от других областей экономики. Особое внимание уделяется процессу цифровой трансформации, который выступает частью инновационного развития.
Ключевые слова: *инновационное развитие, медиаиндустрия, цифровая трансформация, подрывные инновации, инновации в медиа.*

В настоящее время происходят стремительные изменения в экономике, которые кардинально меняют способы взаимодействия ключевых субъектов экономической деятельности. Источником таких изменений являются инновации, при этом затраты в России на инновационную деятельность продолжают расти, что указывает на заинтересованность бизнеса и государства в развитии этого направления [1]. Развитие инновации затрагивает все сектора экономики, включая медиаиндустрию. Инновации в медиа способствуют решению самых различных проблем, однако из-за быстрого изменения способов производства, дистрибуции и потребления контента, существует огромное количество направлений инноваций, которые существуют в медиа. При этом, в последние годы все более актуальной становится тема цифровой трансформации, в том числе и медиа. Существуют исследования, которые рассматривают цифровую трансформацию как часть инновационного развития, однако чаще всего цифровую трансформацию рассматривают отдельно от инновационного развития или ограничиваются рассмотрением только технологических инноваций [2, 3].

При этом в ходе исследования не было выявлено работ, рассматривающих существующие направления инноваций в медиа, а также место цифровой трансформации в инновационном развитие медиакомпаний.

Таким образом, необходимо проанализировать текущее положение исследований в области инноваций в медиа, а также место цифровой трансформации в инновационной деятельности медиакомпаний. Также необходимо рассмотреть существующие определения инноваций в медиа, что позволит выделить специфику инновационного развития в медиаиндустрии. Для этого были проанализированы зарубежные и отечественные научные работы. Для поиска исследований использовались научные библиотеки: Elibrary, Research Gate.

Инновации в медиа могут принимать различные формы в медиа. Рассмотрев инновации через парадигму 4P, можно выделить несколько типов инноваций. Продуктовые инновации охватывают как технологии, так и услуги, предлагаемые медиаорганизациями. Процессные инновации подразумевают изменения в способах создания и доставки контента, а также организационные изменения в компании. Позиционные инновации относятся к изменениям в оформлении продуктов, таким как идентичность бренда, стратегическое позиционирование или обращение к новым целевым аудиториям; а парадигмальные инновации изучают изменения в базовой ориентации или мышлении организации, такие как реструктуризация ее стратегий создания стоимости и бизнес-моделей [4].

Среди отечественных работ не было выявлено исследований в области определения инноваций в медиа. Зарубежные исследователи выделяет несколько составляющих медиа инноваций. Догруэл выделяет четыре характеристики медиа инноваций: новизна, возможность экономического и социального применения, возможность коммуникаций и формат инноваций в виде процесса [5]. Такая оценка инноваций в медиа расширяет их роль не только как катализаторов процессов трансформации в бизнесе, но и индикаторов изменений. Стенсен, опираясь на труды Бочковского выделяет 5 факторов инноваций в медиа:

автономия отдела новостей, культура работы, роль руководства, актуальность технологий и вклад инновационных личностей [6].

Павлик определяет новостные инновации как “процесс применения новых подходов к медийным практикам и формам при сохранении приверженности качеству и высоким этическим стандартам”. Согласно Павлику к характеристикам инноваций в медиа относится: создание, распространение и презентация качественного новостного контента; вовлечение общественности в интерактивный новостной дискурс; использование новых методов подачи информации, оптимизированных для использования в эпоху цифровых технологий и разработка управленческих и организационных стратегий для мобильной сетевой среды [7].

Шмитц-Вайс и Доминго определяют инновации как «разработку сотрудниками новых методов производства, новых функций продукта или новых технологических инструментов, которые могут включать системы, программы или приложения, помогающие в распространении, приобретении, обработке, отображении и хранении информации [8].

Таким образом, инновации в медиа характеризуются многоуровневыми изменениями в медиакомпании, которые влияют на организационную структуру компании и/или контент, и/или технологии, и/или бизнес-процессы. При этом инновации, по мнению некоторых авторов, должны соответствовать высоким этическим стандартам, а также направлены на взаимодействие с конечным потребителем контента – аудиторией. Это связано с важной ролью медиа в обществе, направленной на информирование общества. Также существуют общие характеристики для медиа, которые применимы и для других отраслей (новизна, экономическая привлекательность).

В зарубежных исследованиях выделяют три уровня исследований инноваций в медиа:

1. Макроуровень (исследование институциональной политики, рыночных факторов, влияющих на инновации в медиа).
2. Мезоуровень (исследования менеджмента организаций, организационных изменений и внедрения инноваций в организации).
3. Микроуровень (инновации в работе департаментов и отдельных работников. Исследование стартапов и медиалабораторий).

Инновационная деятельность в медиакомпаниях — это обширная тема, которая включает в себя множество разделов исследований. Так выделяется несколько ключевых предметных областей:

1. Диффузия инноваций в медиа.
2. Организационная культура.
3. Бизнес-модели.
4. Инновации контента.
5. Стартапы и их влияние на медиа экосистемы.
6. Технологические инновации.
7. Инновации в вовлечение аудитории.
8. Управление инновациями.
9. Медиа лаборатории.

Общая схема академической проработки темы инноваций в медиа представлены на рисунке [9]. Исходя из представленной схемы, можно сделать вывод, что зарубежные исследования на тему инновационной деятельности в медиа покрывают самые различные области, что указывает на актуальность и проработанность темы. При этом большинство областей могут быть исследованы и в других отраслях, например: технологические инновации, диффузия инноваций, организационная культура. Однако, существуют области, которые актуальны только для медиаиндустрии. Например, медиа лаборатории — это феномен, который существуют в медиакомпаниях и особенно популярен в новостных зарубежных медиакомпаниях. The Washington Post, Le Monde, the BBC, AJ+, The Guardian уже внедрили медиа лаборатории. Деятельность этих лабораторий направлена на эксперименты в самых разных областях (форматы контента, новые технологии, взаимодействие со стейкхолдерами и т.д.). Таким образом, эти департаменты создаются в крупных медиакомпаниях для самых различных целей [10].

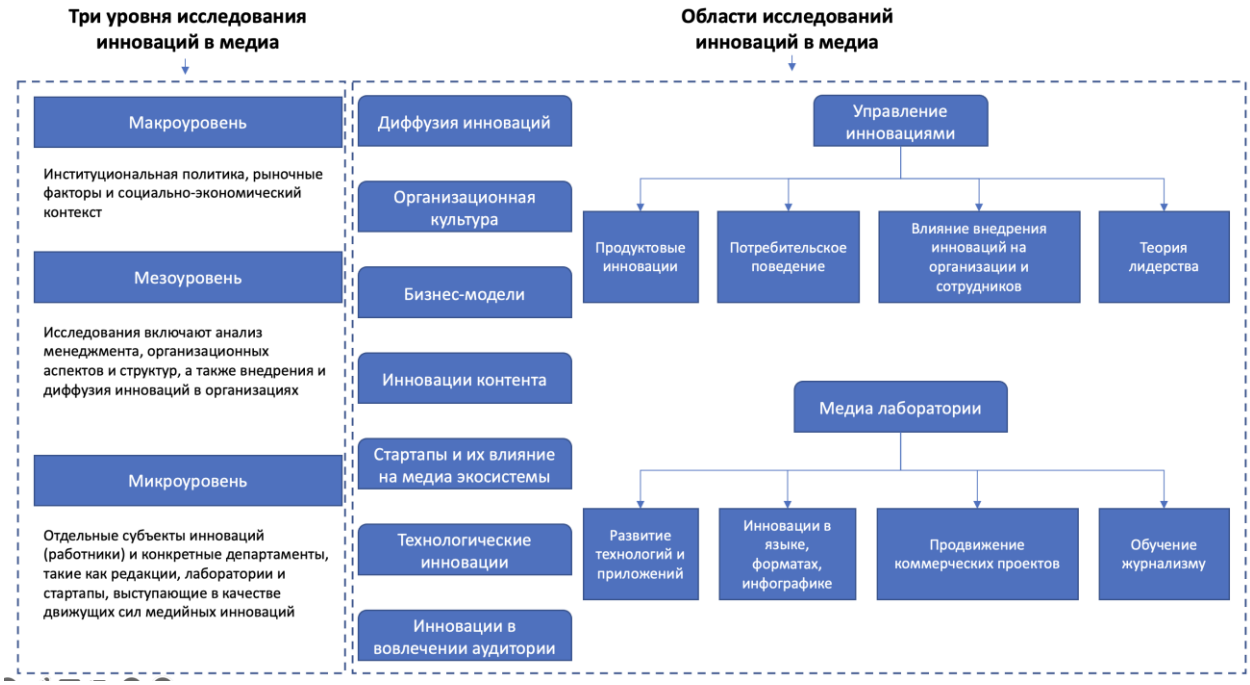


Рисунок. Уровни и области исследований в области инноваций в медиа. Источник: составлено автором на базе

В области инноваций отдельное место занимает цифровая трансформация. Это отмечается как в отечественных работах, так и в зарубежных работах [11, 12]. Рассматривая отношение цифровой трансформации и инноваций, исследователи отмечают процесс цифровой трансформации медиа как подрывную инновацию организации. Такое отношение вызвано различными факторами: демографические особенности, поведенческие изменения потребителей, проблемы работы экосистем и технологические процессы. Цифровая трансформация медиа как подрывная инновация оказывает влияние на медиа. Эти воздействия можно сформулировать в три измерения: персонализация и контекстуализация, фрагментация контента, партнерство. Эти измерения являются компонентами цифровой трансформации медиа для медиакомпаний. Измерения и индикаторы цифровой трансформации медиа как подрывной инновации проиллюстрированы в таблице [13].

Таблица. **Измерения и индикаторы цифровой трансформации медиа, как прорывной инновации в медиа индустрии**

Измерения		Показатели
Цифровая трансформация медиа как подрывная инновация	Персонализация и контекстуализация	Персонализированная реклама
		Персонализированный контент
		Фиджитал направление (пересечение физического и цифрового взаимодействия)
		Прозрачность и безопасность данных
		Реклама
	Фрагментация контента	Сообщества по контентным предпочтениям
		Индивидуальный доступ к контенту
	Партнерство и индустриализация	Краудсорсинг и совместное создание контента
		Гибкое и предиктивное создание контента

Таким образом, цифровую трансформацию можно рассматривать в качестве прорывной инновации в медиаиндустрии, что указывает на тесную связь между этими процессами.

На основе выявленных исследований были проанализированы существующие определения инноваций медиа и выявлены их отраслевые особенности. К ним относятся: изменения в компании при сохранении качества контента и высоких этических стандартов, а

также направленность инноваций на взаимодействие с конечным потребителем контента. Также были проанализированы существующие области исследований инноваций в медиа. Медиа лаборатории были определены в качестве области актуальной конкретно для исследования медиаиндустрии и направлены на развитие инноваций в компании. Также был проанализирован процесс цифровой трансформации как части инновационной деятельности компании. Было выявлено, что цифровая трансформация выступает как подрывная инновация в медиа. Таким образом, процесс цифровой трансформации медиа выступает частью инновационного развития медиакомпании, что указывает на тесную связь этих направлений.

Список использованных источников

1. Индикаторы инновационной деятельности: 2024: статистический сборник / В.В. Власова, Л.М. Гохберг, Г.А. Грачева и др.; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». — М.: НИУ ВШЭ, 2024. – 261 с.
2. Дружинин А.М. Цифровая трансформация российского медиабизнеса в условиях неопределенности // Цифровая социология/Digital Sociology. – 2021. – №. 4(4). – С. 50–59. https://doi.org/10.26425/2658-347X-2021-4-4-50-59.
3. Белоусова Н.М., Панова Н.А., Кублашвили О.В. Цифровая трансформация в медиаиндустрии // Современные информационные технологии и ИТ-образование. – 2021. – №. 4. – С. 943–953.
4. Новиков Р.Ю., Зограбян Е.П. Цифровая трансформация СМИ: вызовы и возможности // Исследования в цифровой экономике. – 2023. – №. 1(4). – С. 102–125. https://doi.org/10.24833/14511791-2023-4-102-125
5. Storsul T., Krumsvik A.H. What is media innovation? // Storsul, Tanja; Krumsvik, Arne H. (eds.). Media innovation: A multidisciplinary study of change. Gothenburg: Nordicom. – 2013 – Pp. 13–26.
6. Dogruel L. Opening the black box. The conceptualising of media innovation // Storsul, Tanja; Krumsvik, Arne H. (eds.). Media innovations. A multidisciplinary study of change. Göteborg: Nordicom. – 2013. – Pp. 29–44.
7. Boczkowski P.J. Digitizing the news: Innovation in online newspapers. Cambridge, MA: MIT Press. ISBN: 0262025590 Steensen, Steen (2009). “What’s stopping them? Towards a grounded theory of innovation in online journalism // Journalism studies, 2009. – V. 10. – №. 6. – Pp. 821–836. https://doi.org/10.1080/14616700902975087.
8. Pavlik J.V. Innovation and the future of journalism // Digital journalism. – 2013. – V. 1. – №. 2. – Pp. 181–193. https://doi.org/10.1080/21670811.2012.756666
9. Schmitz-Weiss A., Domingo D. Innovation processes in online newsrooms as actor-networks and com- munities of practice // New media & society. – 2010. – V. 12. – №. 7. – Pp. 1156–1171. https://doi.org/10.1177/1461444809360400.
10. García-Avilés J.-A. Review article: Journalism innovation research, a diverse and flourishing field (2000-2020) // Profesional de la información. – 2021. – V. 30. – №. 1. – P. e300110. https://doi.org/10.3145/epi.2021.ene.10.
11. López-Hidalgo A., Ufarte-Ruiz M.-J. Laboratorios de periodismo en España. Nuevas narrativas y retos de future // Ámbitos. – 2016. – №. 34. – Pp. 1–12.
12. Туккель И.Л., Яшин С.Н., Иванов А.А. Цифровая трансформация как важная часть инновационного развития // Инновации. – 2019. – №.3 (245). – С. 45–50.
13. Nelson Obinna O. Doctorate Scholar and Teaching Assistant // School of Films and TV Arts, Xi’an Jiaotong-Liverpool University, China. Glob J Arch & Anthropol. – 2019. – №. 8(4). – P. 555743. DOI: 10.19080/GJAA.2019.08.555743.
14. Masoud G.R. Disruptive innovation in media industry ecosystem and need for improving managerial cognitive capabilities in polymediation era // Cogent Business & Management 4. – 2017. – P. 1352183.

УДК 658

ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ ОТ УПРАВЛЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТЬЮ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

Кудрявцев А.С. (аспирант, Университет ИТМО)
Научный руководитель: к.э.н, доцент Николаев А.С. (Университет ИТМО)
e-mail: ya1kudr@yandex.ru

В работе проведен анализ деятельности по управлению интеллектуальной собственностью предприятий нефтегазовой отрасли и то, как эта деятельность влияет на экономические показатели таких предприятий.

Ключевые слова: *экономика, нефтегазовые компании, интеллектуальная собственность, инновации, результаты интеллектуальной деятельности.*

В современном мире использование инновационных технологий является повсеместным и обязательным для крупных компаний, в том числе, нефтегазовых, поскольку за счет внедрения интеллектуальной собственности в деятельность предприятия достигаются ключевые показатели компании и формируются ее конкурентные преимущества.

Интеграция инновационных решений в производственный цикл компании требует немалых затрат, поскольку такое решение сперва необходимо разработать или приобрести права на его использование. Однако, в случае его успешного освоения, такое решение сможет позволить компании не только получить преимущества перед конкурентами, но и сделать производственный процесс более эффективным. Все это позволит покрыть расходы на внедрение инновационных решений и даже получить дополнительную прибыль. Такая прибыль называется «экономическим эффектом» и представляет собой разницу экономического результата, полученного от инноваций и затрат, связанных с их разработкой или приобретением и внедрением. Для расчета экономического эффекта используется формула:

$$Э = Р – З,$$

где $Э$ – экономический эффект, $Р$ – экономический результат от использования инноваций, $З$ – затраты, связанные с внедрением инноваций.

Повышать экономический эффект от внедрения результатов интеллектуальной деятельности в компании позволяет хорошо организованная система управления интеллектуальной собственностью. Благодаря отлаженной системе управления компания может использовать результаты интеллектуальной деятельности более эффективно.

Существует несколько задач, благодаря которым достигается более высокий показатель экономического эффекта за счет использования системы управления интеллектуальной собственностью:

- активная коммерциализация результатов интеллектуальной деятельности (продажа прав на использование разработанных результатов интеллектуальной деятельности сторонним компаниям, а не единоличное использование);
- использование только эффективных результатов интеллектуальной деятельности (еще на этапе разработки или до него исключаются результаты интеллектуальной деятельности, которые потенциально не смогут обеспечить положительный экономический результат);
- контроль за используемыми результатами интеллектуальной деятельности (результаты интеллектуальной деятельности, которые устаревают, заменяются новыми технологиями, которые являются более эффективными).

С целью изучения влияния системы управления интеллектуальной собственностью на экономические показатели предприятия был проведен анализ инновационной и экономической деятельности компании ПАО «Газпром», поскольку данная компания является одной из ведущих российских и мировых нефтегазовых компаний и имеет собственную систему управления интеллектуальной собственностью.

Был проведен расчет экономического эффекта от использования объектов патентных прав в производстве (рисунок) [1–20].

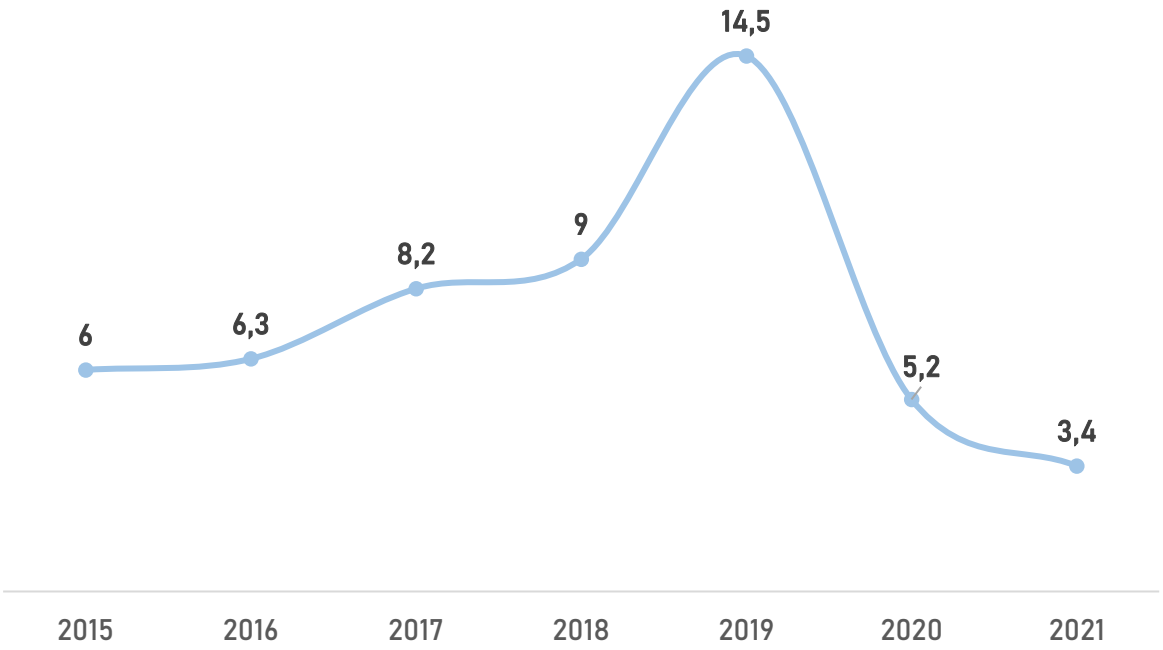


Рисунок. Экономический эффект от использования объектов патентных прав в производстве ПАО «Газпром», млрд. руб.

По результатам проведенного анализа было определено, что с 2016 года экономический эффект от использования объектов патентных прав в производстве начал постепенно увеличиваться. Это связано с тем, что в 2016 году была утверждена программа инновационного развития ПАО «Газпром», которая включала в себя создание системы управления интеллектуальной собственностью в компании. Как раз с этим связан рост экономического эффекта на 30% в 2017 году, поскольку следует учитывать задержку на получение патентных документов, внедрение и адаптацию производства к новым инновационным решениям, которая составляет приблизительно 1 год [14, 15].

В 2019 году произошел наиболее значительный рост показателя экономического эффекта от использования объектов патентных прав на 61%. Данный скачок показателя обосновывается успешной корректировкой программы инновационного развития ПАО «Газпром» в 2018 году, которая учла недостатки предшествующей версии [16, 17].

Однако за взлетом данного показателя в 2019 году следует его резкое падение в 2020 году на 64% [18]. Это обосновывается среднесрочной перспективой нововведений, которые были описаны в актуализированной версии программы инновационного развития 2018 года, а также глобальной пандемией.

По результатам проведенного исследования был отмечен положительный экономический эффект от управления интеллектуальной собственностью в компании. Внедрение и корректировка системы управления интеллектуальной собственностью позволяет значительно увеличить экономический эффект. Однако, при влиянии внешних факторов и отсутствии своевременной корректировки системы управления показатель экономического эффекта от управления интеллектуальной собственностью может значительно снизиться. Но стоит отметить, что несмотря на снижение данного показателя, он все равно остается положительным и приносит компании дополнительную прибыль.

Для достижения максимально возможного показателя экономического эффекта от управления интеллектуальной собственностью на предприятии следует своевременно проводить корректировку системы управления интеллектуальной собственностью и адаптироваться к внешним условиям.

Список использованных источников

1. Годовой отчет ПАО «Газпром» за 2015 год. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.gazprom.ru/f/posts/26/228235/gazprom-annual-report-2015-ru.pdf (дата обращения: 15.09.2024).
2. Годовой отчет ПАО «Газпром» за 2016 год. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.gazprom.ru/f/posts/36/607118/gazprom-annual-report-2016-ru.pdf (дата обращения: 15.09.2024).
3. Годовой отчет ПАО «Газпром» за 2017 год. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.gazprom.ru/f/posts/85/227737/gazprom_annual_report_2017_rus.pdf (дата обращения: 15.09.2024).
4. Годовой отчет ПАО «Газпром» за 2018 год. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.gazprom.ru/f/posts/01/851439/gazprom-annual-report-2018-ru.pdf (дата обращения: 16.09.2024).
5. Годовой отчет ПАО «Газпром» за 2019 год. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.gazprom.ru/f/posts/77/885487/gazprom-annual-report-2019-ru.pdf (дата обращения: 16.09.2024).
6. Годовой отчет ПАО «Газпром» за 2020 год. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.gazprom.ru/f/posts/57/982072/gazprom-annual-report-2020-ru.pdf (дата обращения: 17.09.2024).
7. Годовой отчет ПАО «Газпром» за 2021 год. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.gazprom.ru/f/posts/57/982072/gazprom-annual-report-2021-ru.pdf (дата обращения: 17.09.2024).
8. Котенева О.Е., Николаев А.С. Методы управления интеллектуальной собственностью: учебнометодическое пособие / О.Е. Котенева, А.С. Николаев. – СПб.: Университет ИТМО. – 2020. – 105 с.
9. О реализации региональной программы развития рынка интеллектуальной собственности в Республике Татарстан и использование данного опыта в регионах России. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://rospatent.gov.ru/content/uploadfiles/prez-salimov-26062018.pdf (дата обращения: 13.09.2024).
10. Отчет об устойчивом развитии ПАО «Газпром» | Инновационная деятельность. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://sustainability.gazpromreport.ru/2020/3-about-gazprom/3-6-innovative-activity/ (дата обращения: 13.09.2024).
11. Паспорт программы инновационного развития ПАО «Газпром». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.gazprom.ru/f/posts/97/653302/prir-passport-2018-2025.pdf (дата обращения: 14.09.2024).
12. Пресс-центр ПАО «Газпром». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.gazprom.ru/press/news/2019/april/article478343/ (дата обращения: 13.09.2024).
13. Финансовый отчет ПАО «Газпром» за 2015 год. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.gazprom.ru/f/posts/26/228235/gazprom-financial-report-2015-ru.pdf (дата обращения: 15.09.2024).
14. Финансовый отчет ПАО «Газпром» за 2016 год. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.gazprom.ru/f/posts/57/287721/gazprom-financial-report-2016-ru_1.pdf (дата обращения: 15.09.2024).
15. Финансовый отчет ПАО «Газпром» за 2017 год. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.gazprom.ru/f/posts/57/287721/gazprom_financial_report_2017_rus.pdf (дата обращения: 15.09.2024).
16. Финансовый отчет ПАО «Газпром» за 2018 год. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.gazprom.ru/f/posts/72/692465/gazprom-financial-report-2018-ru.pdf (дата обращения: 16.09.2024).
17. Финансовый отчет ПАО «Газпром» за 2019 год. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.gazprom.ru/f/posts/77/885487/gazprom-financial-report-2019-ru.pdf (дата обращения: 16.09.2024).
18. Финансовый отчет ПАО «Газпром» за 2020 год. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.gazprom.ru/f/posts/57/982072/gazprom-financial-report-2020-ru.pdf (дата обращения: 17.09.2024).
19. Финансовый отчет ПАО «Газпром» за 2021 год. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.gazprom.ru/f/posts/57/982072/gazprom-financial-report-2021-ru.pdf (дата обращения: 17.09.2024).
20. Хаертдинова Д.З. Управление корпоративной системой поддержки технологического развития нефтяных компаний. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://spmi.ru/sites/default/files/imci_images/sciens/dissertacii/2017/2017-3/dissertaciya_-_haertdinova_d.z.pdf (дата обращения: 11.09.2024).

УДК65.011.5

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ОПТИМИЗАЦИИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ

Кузьменко В.С. (студент, Университет ИТМО), **Юшков Е.Ю.** (студент, Университет ИТМО)
Научный руководитель: к.э.н., доцент Павлова Е.А. (Университет ИТМО)
e-mail: vadim.rou@mail.ru

Статья посвящена вопросам использования искусственного интеллекта для оптимизации деятельности организаций. Особое внимание уделяется применению ИИ в корпоративных процессах, включая интеграцию ИИ в ERP-системы. Рассматриваются также риски и вызовы, связанные с внедрением ИИ, такие как дефицит кадров и необходимость адаптации персонала. В статье приводятся примеры успешного применения ИИ в корпоративной среде, подчеркивается важность планомерного внедрения этих технологий с учетом мнения сотрудников и обеспечения их поддержки.
Ключевые слова: *искусственный интеллект, ERP-системы, оптимизация бизнеса, производительность сотрудников, управление изменениями, автоматизация процессов.*

Искусственный интеллект (ИИ или AI) с 2022 года продолжает развиваться и привлекать к себе внимание, инвестиции и технологические разработки. Рост рынка ИИ с 2022 на 2023 год составил 9%, капитализация – порядка $50 млрд. При этом прогнозы относительно AI проблематичны и имеют вероятностный характер, поскольку рассматриваемое направление довольно незрело, разработки в данной области имеют высокую долю экспериментов и риска. Однако большое внимание и рост инвестиций заставляют крупный, средний и малый бизнес участвовать в распространении, применении инструментов искусственного интеллекта, появляются вакансии, требующие как способностей интеграции нейронных сетей в своей деятельности, так и новые профессии (например, специалист по обучению искусственного интеллекта). Согласно данным IDC, к 2025 году компании, входящие в мировой топ-2000, будут направлять более 40% IT-расходов на ИИ-технологии [1].

Исходя из представленной информации, можно утверждать, что ИИ создает большие возможности для бизнеса и специалистов различных отраслей. Однако стоит также помнить, что существующие преимущества искусственного интеллекта сопряжены с большими рисками и издержками. Помимо того, что на отечественном рынке существует дефицит кадров IT сферы и области ИИ, в частности, внедрение нейронных сетей может дорого обойтись бизнесу, желаемый результат не гарантируется, а правила пользования различными AI сервисами неустойчивы и могут меняться [2]. Все эти и прочие риски стоит учитывать при желании внедрения AI в деятельность организации.

Учитывая все плюсы и минусы, бизнес так или иначе стремится к оптимизации своей деятельности, поэтому исследует и ищет различные возможности использования ИИ. В настоящее время существует множество направлений, где уже успешно применяется искусственный интеллект, далее перечисляются лишь несколько направлений [3]:

— оценка платежеспособности заемщика;
— помощь врачам при постановке диагноза;
— улучшение алгоритмов рекомендаций для пользователей сети;
— помощь в поиске и систематизации информации и пр.

Хотя ИИ получило широкое применение, часто можно найти упоминания случаев оптимизации деятельности в рамках конкретной профессии, решения бизнес-задач по взаимодействию с клиентом и т. п. Однако реже встречаются практики использования данного инструмента для совершенствования внутренних процессов.

Практики внедрения ИИ в процессы производства, деятельность отдельных специалистов, оптимизации рекламы распространены и объяснимы. В этих примерах можно либо отследить непосредственное увеличение прибыли от использованных мер, либо сократить издержки. Тяжелее сопоставить полученные результаты при внедрении средств AI в организационную систему фирмы. Результат подобных действий может быть косвенным и тяжело прогнозируемым, однако необходимым шагом в условиях быстроменяющейся среды

и дефиците кадров. Примером успешного внедрения искусственного интеллекта в корпоративные процессы можно считать кейс компании Digital Design [4]. В 2023 году они предложили свое решение по оптимизации распространения материалов после совещания. В этом примере компания внедрила AI-сервис для записи и последующего краткого изложения основных аспектов собрания, чтобы отсутствующие или нижестоящие работники могли оперативно ознакомиться с обсужденными темами и решениями менеджмента. Далее, для простоты упоминания, системы с искусственным интеллектом будут также упоминаться аббревиатурой AIS (сокращенно от Artificial intelligence system).

Стоит также обратить внимание на возможность использования ИИ для оптимизации работы в коллективе с преобладающим числом сотрудников, трудоустроенных на удаленном формате. Так, согласно данным образовательного центра, РУНО, в период с 2021 на 2022 год порядка 70% опрошенных компаний не имели специальных программ и техники для обеспечения продуктивной работы в удаленном формате, а 20% предприятий столкнулись с ухудшением работы удаленных команд [5]. Одним из вариантов решения данной проблемы может стать создание внутренней ERP системы с дальнейшей интеграцией ИИ-сервисов.

Иметь собственную ERP систему способен не каждый бизнес в связи с высокими издержками подобного решения. Однако те предприятия, которые обладают достаточным количеством ресурсов или специализируются на подобных IT решениях, способны увеличить производительность труда своих сотрудников и наладить внутреннюю коммуникацию. Направления интеграции в ERP системах можно увидеть на рисунке 1 [6].

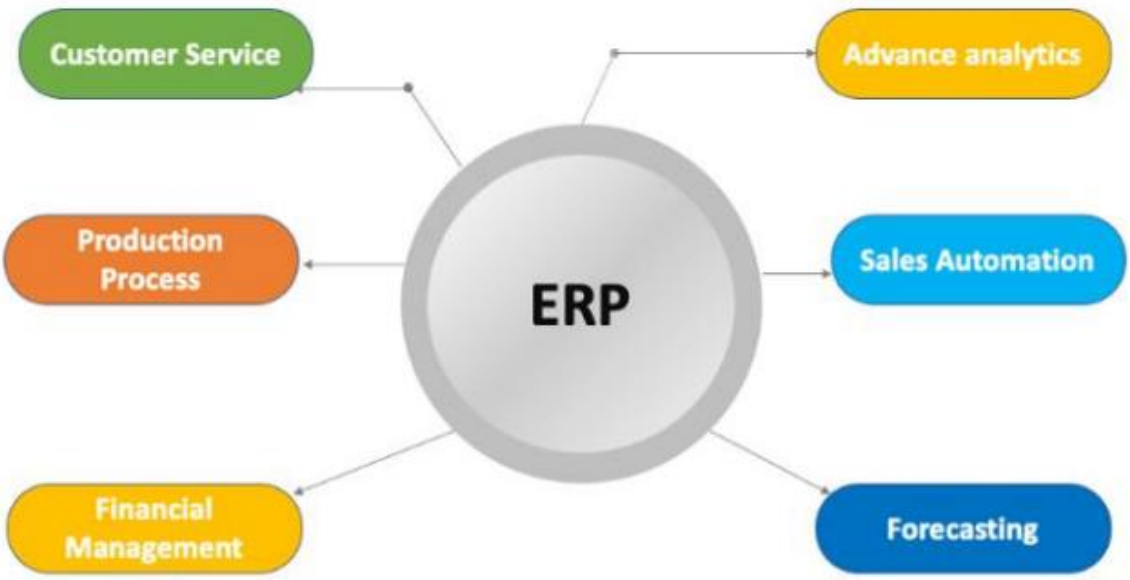


Рис. 1. Сферы применения ИИ в ERP системах

У компаний возникают проблемы со скоростью передачи информации внутри подразделений, оперативным оповещением об изменениях, обучением персонала, предоставлении сотрудникам конкурентных технологий и пр. Все эти вопросы могут решаться отдельно, за несколько лет ИИ получил репутацию инструмента точечного решения вопросов. Для отдельных задач специалист обращается к отдельно взятому инструменту на базе AI, что требует временных затрат, человеческих усилий и не гарантирует результата. Однако стоит обратить внимание на то, что современные сервисы с искусственным интеллектом способны интегрироваться в другие приложения (например, Midjorney способна открываться и работать через площадку виртуального общения Discord). Эта функция позволяет настроить сразу несколько инструментов, запускаемых через единую ERP систему. Выстроив подобную систему, можно ожидать снижение рабочей нагрузки и повышения эффективности сотрудников.

Помимо внутренней оптимизации, инструменты искусственного интеллекта способны улучшить взаимодействие с контрагентами и прочими стейкхолдерами. В жизнедеятельности компании принимают участие многие стороны, которые также заинтересованы в оперативном оповещении об изменениях, внутренних правилах компании, оперативном поиске информации о лицах, принимающих решения и т.д. В настоящий момент возможно создать специальные приложения для стейкхолдеров, предварительно интегрируя в эти системы ИИ, отвечающие и решающие конкретные запросы. Например, посредник хочет сообщить или обсудить с компанией некоторые изменения – в стандартной последовательности данном лицу будет необходимо переписываться или созваниваться с партнерами. Однако, благодаря AIS, и посредники, и сами представители компании-партнера смогут быстрее получать и согласовывать необходимую информацию.

Не стоит также забывать об адаптации персонала. Все ранее названные возможности могут помочь оптимизировать деятельность организации, однако, как и со всеми изменениями, внедрение ИИ должно сопровождаться поддержкой и обучением сотрудников. Исследователи из MIT смотрят на прогнозы оптимистично, предвещая повышение производительности сотрудников на 40% после внедрения ИИ [7]. Однако реальные отзывы сотрудников и фрилансеров говорят об обратном. Из 2,5 тысячи человек, опрошенных в рамках исследования Upwork Research Institute, 71% участников заявляют о наличии выгорания, 65% с трудом справляются с возросшими требованиями работодателей. Результаты опроса представлены на рисунке 2 [8].

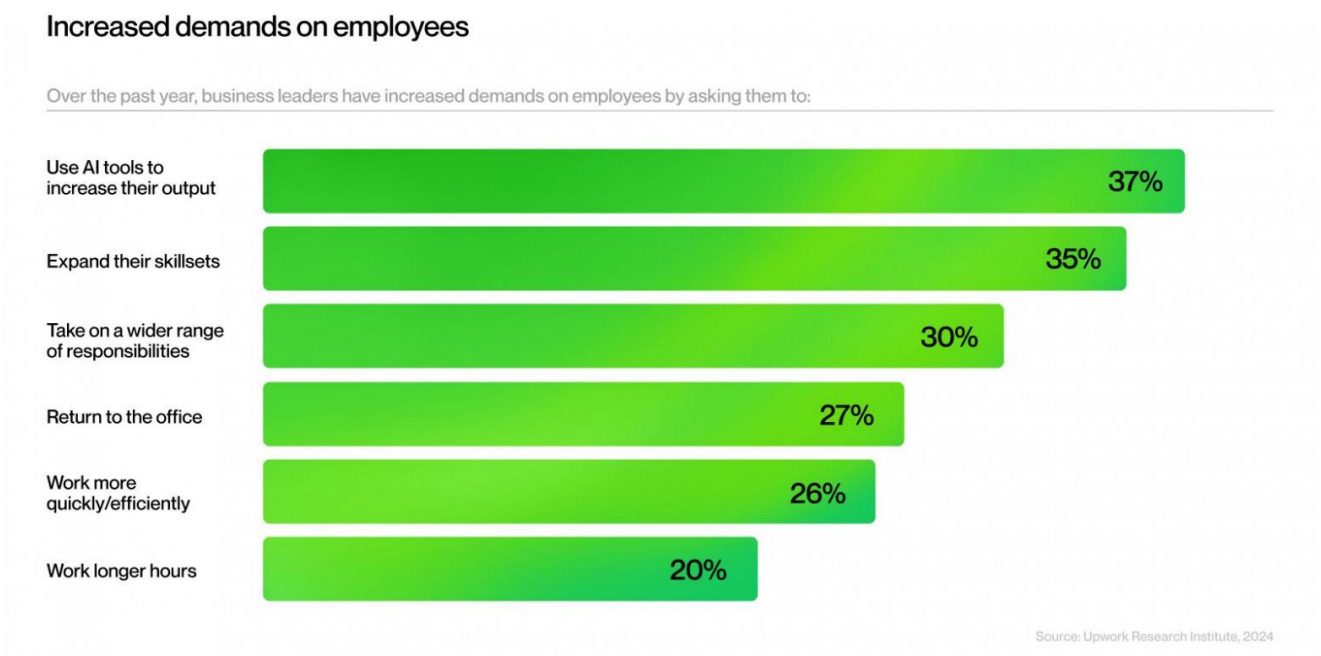


Рис. 2. Результаты опроса сотрудников и фрилансеров о влиянии на них возросших требований к использования искусственного интеллекта

Поскольку компании стремятся к оптимизации своей деятельности, им стоит внимательно относиться к мнению сотрудников касательно темы внедрения в работу компании AIS. Менеджменту следует совместно с имеющимися специалистами составить план внедрения подобных мер, учитывая нагрузку, производительность, время на обучение, оплату труда и прочие аспекты.

Таким образом, можно утверждать, что искусственный интеллект становится новым инструментом оптимизации деятельности как внутренних процессов компании, так и внешних. Стремясь использовать конкурентные инструменты в своей деятельности, менеджмент не должен забывать о состоянии своих сотрудников, учитывать их мнение и поэтапно внедрять AIS.

Список использованных источников

1. Shirer M. IDC FutureScape: Artificial Intelligence Will Reshape the IT Industry and the Way Businesses Operate. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS51335823 (дата обращения: 02.09.2024).
2. Дефицит кадров в России в области ИИ остается большим. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ria.ru/20230818/chernyshenko-1890839843.html (дата обращения: 02.09.2024).
3. На что способен искусственный интеллект сегодня и каков его потенциал. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://trends.rbc.ru/trends/industry/cmrm/619766d59a79471862e77e8a (дата обращения: 03.09.2024).
4. Технологии искусственного интеллекта в корпоративном управлении: как мы увидели рациональные области их использования. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://habr.com/ru/companies/digdes/articles/781578/ (дата обращения: 03.09.2024).
5. Не в офисе, но под контролем. Как успешно управлять удаленными сотрудниками и повысить их производительность. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://cpb-runo.ru/news/staff/ne-v-ofise-no-pod-kontrolem-kak-uspeshno-upravlyat-udalennymi-sotrudnikami-i-povysit-ikh-proizvodite/ (дата обращения: 04.09.2024).
6. Федоренко В.Ю. Применение технологий машинного обучения и искусственного интеллекта в современных ERP системах // Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности. – 2023. – Т. 8. – №. 10(36). – С. 83–89.
7. Somers M. How generative AI can boost highly skilled workers' productivity. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://mitsloan.mit.edu/ideas-made-to-matter/how-generative-ai-can-boost-highly-skilled-workers-productivity (дата обращения: 04.09.2024).
8. From Burnout to Balance: AI-Enhanced Work Models. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.upwork.com/research/ai-enhanced-work-models (дата обращения: 04.09.2024).

УДК 338.1

СУЩНОСТЬ ТРАНСФЕРА ТЕХНОЛОГИЙ В НОВОЙ ЭКОНОМИКЕ

Лукин Н.А. (аспирант, Университет ИТМО), **Гирш Л.В.** (Университет ИТМО)
Научный руководитель: д.э.н., профессор Будрин А.Г. (Университет ИТМО)
e-mail: nalukin@itmo.ru

В сложившихся условиях трансфер технологий является ключевым механизмом, обеспечивающим инновационный рост и конкурентоспособность различных субъектов экономического развития. В статье определяются сущностные характеристики трансфера технологий в контексте новой экономики, акцентируя внимание на его возможностях, проблемах и перспективах. Предлагаются векторы развития процессов трансфера технологий в целях совершенствования экономического роста, усиления инновационной среды и технологического суверенитета Российской Федерации.
Ключевые слова: *экосистема, трансфер технологий, технологии, инновации, культура инноваций, открытый код.*

Активное развитие информационных технологий, рост доли неосязаемых активов в структуре бизнеса и усиление позиций человеческого капитала по сравнению с материальным факторами производства дали новый вектор повсеместного использования термина «новая экономика». Однако термин развивается еще с начала XXI века – Майкл Портер писал о том, что интернет-технологии способны перевернуть рынок, дать компаниям различного размера дополнительное преимущество, быстрый рост доходов, а также дополнительную ценность для потребителей [1].

Спустя более, чем 20 лет, синергические взаимосвязи технологий, бизнеса и академии вновь стали актуальными. Во-первых, появились новые технологии, компании- и страны-лидеры, в которых еще не определены, например, искусственный интеллект, машинное обучение. В это же время данные технологии базируются на принципе OpenSource, что дает новый виток развития в области трансфера технологий, обладая главным качеством – открытостью. Во-вторых, в мае 2023 года Правительство РФ утвердило Концепцию технологического развития до 2030 года [2]. Особое внимание уделяется задаче перехода экономики к инновационно-ориентированному росту и усилению технологий как фактора развития экономики и социальной сферы. Как следствие, для обеспечения технологического устойчивого функционирования были определены основные термины в рамках Концепции, вызовы, с которыми может столкнуться государство и другие экономические агенты в процессе, а также механизмы реализации основных целей. Отметим, что важным инструментов в преодолении технологических барьеров для всех участников процесса становится совершенствование механизма трансфера технологий в целях создания и развития экосистем технологического развития. Главным принципом, которым является сетевое развитие, где единый набор технологий, инструментов, навыков и знаний в условиях конкурентной борьбы предполагает создание абсолютно новых инновационных продуктов, проектов и сервисов, способное существенно влиять на развитие новой экономики и формируя новые рынки.

Помимо основных игроков в области трансфера технологий, основываясь на концепции тройной спирали инноваций, государство, бизнес и университет [3] – предполагаются к участию в процессе и другие комплексные организационные формы, обладающие признаками сетевого взаимодействия и направленные на инновационное развитие своих резидентов или партнеров в зависимости от сути задачи заказчика:

- агентства по инновациям, например, Агентство стратегических инициатив или Фонд содействия инновациям;
- инновационные кластеры;
- научно-образовательные структуры (например: научно-исследовательские консорциумы в РФ в рамках программы «Приоритет 2030»);
- сетевые библиотеки, которые поддерживают открытую науку, где участники вкладываются не финансами, а знаниями [4];

- инкубаторы и акселераторы;
- краудфандинговые платформы;
- объединения, включающие образовательную, исследовательскую, конструкторскую и производственную базу, опытные производства;
- малые технологические компании, ориентированные как на встраивание в производственно-технологические цепочки крупного бизнеса, так и на самостоятельное развертывание серийного производства;
- профессиональные технологические посредники, обеспечивающие развитие сервисов инжиниринга, трансфера технологий и интеллектуальных прав, международного взаимодействия [5].

Основываясь на Концепции, в РФ практически отсутствует инфраструктура трансфера технологий, которая могла бы интегрировать технологии в реальные сектора экономики. Для решения этой задачи Правительством предлагается ряд решений, однако, на наш взгляд, имеет смысл сосредоточить свое внимание на усовершенствовании трансфера технологий в следующих частях:

- создание и развитие технологических экосистем на основе OpenSource технологий и решений. Это позволит наращивать цифровой и научный капитал страны, усиливая технологическое лидерство и суверенитет;
- образование и подготовка кадров, которые включают в себя развитие программ по подготовке специалистов в области высоких технологий, что обеспечит наличие квалифицированных кадров для реализации инновационных проектов;
- усиление роли малых компаний-разработчиков технологических решений, выделение их в отдельный сегмент и внедрение их в связку государство-бизнес-университет. Такие посредники способны быстро создавать технологические решения, ускорять процесс разработки проектов и сервисов, направленные на развитие бизнеса и государственного технологического суверенитета.

Стоит отметить, что малые компании-разработчики недооценены на рынке и могут существенно изменить скорость развития, создания и распространения технологий. Важным фактором в этом процессе является культура открытого кода и развитие культуры инноваций. Открытый код не только позволяет разработчикам делиться своими наработками, но и создает среду для совместной работы и обмена идеями. Важным вопросом, для обеспечения цифрового государственного суверенитета, является вопрос об очерчивании границ технологий открытого кода, которые, с одной стороны, становятся преимуществом, а с другой – риском для развития лидерства в технологиях.

В условиях, когда крупные университеты и компании стремятся взять на себя инициативу в разработке и развитии технологических решений, важно учитывать, что именно малые фирмы могут предложить уникальные идеи, лучшую экспертизу и технологии, которые могут значительно ускорить процесс разработки. Малые компании-разработчики оказываются более заинтересованными в таком сотрудничестве, а также более адаптивными. Например, отсутствие бюрократии, малое количество сотрудников и ориентация на бизнес-результат позволяет создавать решения, которые университеты не могут быстро разработать по своей специфике. Хорошим примером взаимодействия с малыми компаниями-разработчиками технологических решений можно считать совместную разработку инструмента для предиктивной аналитики [6] для отрасли HoReCa на основе технологий искусственного интеллекта АО «Новое сервисное бюро», Центра ИИ ВШЭ и разработчика IT-решений Activica. Такое взаимодействие существенно ускорило процесс разработки и вывода на рынок технологического решения. Пример такого взаимодействие можно графически отразить на рисунке, который является пересмотром модели «тройной спирали».

Рисунок. Схема взаимодействия крупного бизнеса, государства и университетов при привлечении малых разработчиков

Таким образом, трансфер технологий в новой экономике должен обладать следующими характеристиками, что будет определять его сущность:

1. Принцип открытости сети или открытая платформа, который подразумевает доступность информации, технологий и ресурсов.

2. Принцип культуры инноваций, который заключается в создании среды, способствующей инновациям, включающей в себя стимулирование креативности и готовности к риску.

3. Принцип трансграничности предполагает, что технологии и идеи должны свободно перемещаться между странами, регионами, организациями.

4. Принцип экосистемности подразумевает сетевое взаимодействие всех участников в достижении синергетического результата и отсутствия заметной конкуренции между ними.

5. Принцип развития посредников предполагает подготовку компаний-разработчиков, а также технологических предпринимателей (брокеров), как квалифицированных посредников, поддерживающих экосистему включающее развитие и внедрение программ в области трансфера технологий и развития стартапов [7, 8].

Ранее модель «тройной спирали» предполагала сближение университетов, бизнеса и государства путём установления новых форматов разработки, передачи и применения знания в целях формирования «экономики знаний». В новой экономике разработка завязана не только на крупных игроках, государстве или университетах, а предполагаются к участию в процессе и другие комплексные организационные формы, обладающие признаками сетевого взаимодействия и направленные на инновационное развитие своих резидентов.

Встраивание малых предприятий разработчиков позволяет разрабатывать решения, которые ранее не могли быстро разрабатывать в связи со своей спецификой. Малые предприятия оказываются более гибкими из-за отсутствия бюрократии, меньшего числа сотрудников и ориентации на бизнес-результат.

Список использованных источников

1. Porter M. Strategy and the Internet. Harvard business review, 2001. – №. 79. – Pp. 62–78.
2. Программа «Цифровая экономика Российской Федерации». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://static.government.ru/media/files/KlJ6A00A1K5t8Aw93NfRG6P8OIbBp18F.pdf (дата обращения: 13.09.2024).
3. Тройная спираль развития. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://tusur.ru/ru/nauka-i-innovatsii/innovatsionnaya-deyatelnost/troynaya_spiral_razvitiya (дата обращения: 15.09.2024).
4. Консорциум сетевых электронных библиотек. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://seb.e.lanbook.com/ (дата обращения: 15.09.2024).
5. Распоряжение Правительства РФ от 20 мая 2023 г. № 1315-р Об утверждении Концепции технологического развития на период до 2030 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/406831204/ (дата обращения: 15.09.2024).
6. Платформа предиктивной аналитики. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://data-forecast.ru/ (дата обращения: 14.09.2024).
7. Предпринимателей пригласили возглавить наукоемкие стартапы. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://xn--80aa3ak5a.xn--p1ai/news/natt-priglashaet-predprinimateley-vozglavit-naukoemkie-startapy/ (дата обращения: 14.09.2024).
8. Зинов В.Г., Федоров И.С. Трансфер технологий их академического в реальный сектор экономики: барьеры и возможные решений // Экономика науки. – 2022. – №. 3–4. – С. 156–173.

УДК 33.338

РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ГИБКОМУ УПРАВЛЕНИЮ ИННОВАЦИОННЫМИ ПРОЕКТАМИ В СФЕРЕ АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Сомонов В.В. (аспирант, Университет ИТМО)
Научный руководитель: к.э.н., доцент Николаев А.С. (Университет ИТМО)
e-mail: vlad@ltc.ru

В статье проанализированы инновационные проекты, реализуемые в сфере передовых производственных технологий (аддитивного производства). Авторами определены основные характеристики инновационных проектов на примере разработок в области аддитивного производства. На основании результатов проведенного анализа сформулированы рекомендации по управлению проектами. Основой для подготовленных рекомендаций стало использование методов гибкого управления, поскольку рассматриваемые проекты характеризуются поэтапной трансформацией, это означает, что проекты постепенно эволюционируют, а их результаты на разных этапах жизненного цикла обладают все более высокими уровнями готовности технологий. Выбор гибкого управления позволяет обеспечить адаптацию команды к развитию проекта, что позволяет снизить риски, связанные с отсутствием готовности менеджмента проекта к переходу на следующую стадию коммерциализации.

Ключевые слова: *инновационный проект, аддитивное производство, гибкое управление, уровень готовности технологии, рекомендации по управлению проектами.*

Для обеспечения устойчивого развития экономики страны и достижения технологического суверенитета, являющегося важнейшей стратегической задачей [1] на сегодняшний день, требуется разрабатывать и внедрять в производство передовые технологии, которые бы способствовали увеличению конкурентоспособности отечественных организаций, созданию уникального продукта, востребованного на рынке, сокращали бы издержки на его производство, а также привлекали бы дополнительные инвестиции. Такие передовые производственные технологии разрабатываются в ходе выполнения инновационных проектов в основном в рамках Национальной технологической инициативы, а среди них исследователи выделяют ряд ключевых направлений, в том числе и аддитивное производство, являющееся одним из самых внедряемых видов технологий, открывающих новые перспективы для различных отраслей промышленности [2], позволяющим получать изделия за счет его построения слой за слоем [3, 4] со сложной геометрией, которую невозможно изготовить традиционными методами обработки резанием, штамповкой, литьем и пр. [5]. Особенно востребованным видом аддитивного производства является, реализуемое за счет расплавления металлического присадочного материала, подаваемого в виде порошка или проволоки используя электрическую или плазменную дугу, электронный или лазерный луч в качестве источника тепла и формируя трехмерную заготовку на поверхности подложки. Этот класс технологий находит широкое применение в аэрокосмической, биомедицинской, автомобильной и судостроительной отраслях промышленности [6–8], являясь прорывной технологией, позволяющей практически полностью вытеснить традиционные методы механической обработки изделий [9].

В основном компании, реализующие проекты в области аддитивного производства, используют классический/традиционный подход к управлению проектами, при котором задача решается реализацией каскадного (водопадного) цикла от инициации до мониторинга и завершения проекта, не всегда учитывая особенности таких проектов и быстрые изменения происходящие на рынке, на который планируется выводить создаваемый в результате инновационный продукт, что приводит к возникновению различного рода трудностей и барьеров, в том числе и технологических, препятствующих эффективному выполнению проекта [10]. Такой подход к управлению не позволяет быстрее адаптироваться к изменениям в проекте и более эффективно удовлетворять потребности заказчика [11], что приводит к необходимости разработки методов гибкого управления и их различных сочетаний. Все аддитивные технологии имеют свои особенности и трудности, влияющие на возможный выбор методов управления проектами, в том числе и гибких.

Как отмечают сторонние исследователи [12] при управлении такими проектами необходимо учитывать степень неопределенности рынка, возникающей перед исполнителями проекта, новизну, сложность выполняемых исследований, сроки реализации проекта, задачи по масштабированию результатов проекта, стоящие перед командой проекта. Специализированных исследований, направленных на конкретное направление передовых технологий и на аддитивное производства, в частности, крайне мало и поэтому изучение вопроса управления такими проектами, учитывающее особенности аддитивных технологий, повышающее гибкость проекта к изменяемым условиям его реализации, является актуальным и важным.

Объектом настоящего исследования выступают инновационные проекты, реализуемые в сфере аддитивного производства.

В рамках данного исследования выявлены основные характеристики инновационных проектов, которым присуща высокая конкуренция между исполнителями проектов на рынке. Среди них можно выделить следующие:

- при выполнении проекта происходит постоянное взаимодействие с заказчиком с целью уточнения и удовлетворения требований к создаваемому продукту на всех этапах проекта, в том числе и из-за изменения запросов отрасли, куда планируется внедрение создаваемого продукта, что затягивает сроки выполнения проекта;
- в ходе реализации проекта возникает необходимость проходить стандартизацию используемых материалов и создаваемой в ходе проекта технологии для дальнейшего успешного трансфера на рынок, что затрудняет эффективное внедрение на рынок результатов проекта;
- при реализации проекта исполнитель выбирает из ограниченного перечня отечественного оборудования, имеющего пределы по габаритам создаваемых изделий и производительности, а также из доступных на рынке специально адаптированных под эту нишу материалов или приходится использовать материалы, не обладающие нужными характеристиками из-за недостаточной развитости мощностей производителей оборудования и материалов, что накладывает ограничения на качество создаваемой продукции, а также усложняет процесс разработки, в том числе из-за подбора материалов и оборудования, часто приходится искать и повышать требования к квалификации команды проекта;
- при выполнении проектов с развитием ниши происходит усложнение создаваемых продуктов, требующее постоянного обучения команды проекта не только навыкам, необходимым для проектирования и работы на оборудовании, но и защиты данных для предотвращения утечки конфиденциальной информации и снижения рисков в области интеллектуальной собственности, создаваемой в ходе проекта.

Помимо указанных характеристик в ходе выполнения проектов возникает проблема, связанная с развитием большинства проектов в данной области с разной скоростью и наличием разрыва между восприятием руководства (командой проекта) организации исполнителя проекта результатов, полученных в проекте на отдельных этапах его жизненного цикла и реальным состоянием, свидетельствующим о более высоком уровне готовности разрабатываемой технологии аддитивного производства.

Без применения методов гибкого управления реализация таких проектов в дальнейшем приводит к их затормаживанию или к формированию у команды проекта завышенных ожиданий и неправильному пониманию зрелости проекта, но в реальности проект может находиться на недостаточном уровне готовности, что приводит к «болезням роста», вызванным тем, что такие проекты развиваются дольше чем среднестатистические проекты той отрасли промышленности, в которую должны быть внедрены их результаты. При этом менеджмент проектов в сфере аддитивного производства не в состоянии рационально распорядиться результатами проекта в том числе и из-за различных трудностей и препятствий возникающих при выполнении проектов.

В ходе исследования будут разработаны рекомендации по управлению проектом с помощью методов гибкого управления, помогающие команде проекта или организации исполнителю во время его выполнения эффективно использовать имеющуюся инфраструктуру, ресурсы, компетенции на выбранной нише рынка на текущий момент времени для дальнейшего его развития.

Большинство проекты в этой сфере выполняются опытными командами экспертов, но их результаты не достигают высокого уровня технической готовности, не имеют стратегию коммерческого выхода на рынок, правовой охраны своей интеллектуальной собственности и повышения уровня технической готовности на базе сторонней интеллектуальной собственности, с учетом возможностей по ее легальному использованию через взаимодействие с контрагентами и лицензирование. Зачастую не производится анализ конкурентного статуса аддитивных технологий, оказывающий значительное влияние на выбор стратегии управления инновационным проектом. Результаты проектов не всегда адаптированы под потребности отечественного рынка, требуют совершенствования разработанного отечественного оборудования и технологий. В основном в проектах создается базовая технология, а не оборудование, при этом она создается в рамках деятельности научного центра / вуза, который осуществляет в основном научный трансфер технологий через публикационную деятельность и участие в конференциях, благодаря чему формируются локальные исследовательские команды проектов, взаимодействующие с научным центром и между собой. Результаты проектов, полученные в ходе выполнения инновационных проектов, используются и в образовательной деятельности, права на них в основном передаются Министерству образования и науки, Минпромторгу или государственным корпорациям. Для повышения эффективности выполнения проектов и внедрения результатов на рынок требуется увеличение степени взаимодействия вузов и предприятий, внедряющих технологии аддитивного производства в промышленность.

Эти факторы отпугивают потенциальных потребителей результатов проектов. Команды проектов часто сосредотачиваются на научной части работы, а не на практическом применении результатов, которые, по завершении проекта, могут не соответствовать принятым отраслевым стандартам для успешного внедрения разработанного продукта.

Команды проекта не всегда умеют правильно определить его потенциал, текущий уровень технологической готовности и выявить возможности для дальнейшего развития проекта, позволяющие принять стратегические решения, гибко управляя проектом на следующем этапе его жизненного цикла и используя результаты проекта в качестве отправной точки для будущих проектов.

Рекомендации по управлению проектами с помощью гибкого управления

Для успешного выполнения и развития проекта, относящегося к аддитивному производству, которые могут иметь различные категории в зависимости от уровня финансирования и внедрения результатов (дивизионный проект или стартап проект) необходимо, чтобы управляющая команда относилась к руководству дивизиона (отрасль промышленности, сектор образования или индустриальный партнер, применяющий аддитивные технологии для решений конкретных производственных задач) куда планируется внедрять его результаты, при этом она не должна резко закрепощать команду реализующую проект, но весть его полностью на всем протяжении.

Для реализации проекта должна быть сформирована штатная команда сотрудников из разных подразделений, привлеченных на полную или частичную занятость под конкретный проект. Проект необходимо выполнять без создания юридических лиц и новых подразделений, что упростить оформление его результатов и не повлияет на оргструктурные изменения в организации исполнителе. Решение возникающих в проекте задач необходимо осуществлять специалистами на стыке их функций, что приведет к повышению гибкости команды. Должен быть обеспечен высокий уровень координации между членами команды проекта, повышающий эффективность его выполнения и обмена информацией, влияющий на правильность принятия управленческих решений. При выполнении проектов необходимо

обеспечить ускорение и упрощение реализуемых в нем процессов. Сотрудники организации исполнителя проекта должны быть четко замотивированы на его успешное завершение. При этом среди большого количества выполняемых инновационных проектов должны быть выбраны приоритетные для эффективного расходования времени и ресурсов, имеющихся в распоряжении команды. Нехватка полномочий команды проекта должна быть минимизирована на счет прямого контакта с управляющим центром дивизиона, а конфликт интересов с текущей деятельностью команды должен быть ликвидирован на начальной стадии.

Выводы

- в ходе исследования были проанализированы проекты в области аддитивного производства, выявлены их основные особенности;
- сформулированы рекомендации по управлению проектами с помощью методов гибкого управления.

В последующих материалах будут продемонстрированы шаги по преодолению разрыва в восприятии результатов командой проекта и реальности, формируемого ее незрелостью и не пониманием возникающих проблем, влияющих на способность перехода проекта на следующий инновационный горизонт.

Список использованных источников

1. Хмелева Г.А. Технологический суверенитет как инструмент обеспечения устойчивого развития экономики региона в условиях санкций // Вестник евразийской науки. – 2023. – Т. 15. – №. 3. DOI: 10.15862/64ECVN323.
2. Каблов Е. Аддитивные технологии: настоящее и будущее. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.bricsmagazine.com/ru/articles/additivnye-tehnologii-nastoyaschee-i-buduschee (дата обращения: 03.09.2024).
3. Reddy K.S., Dufera S. Additive manufacturing technologies // BEST: International Journal of Management, Information Technology and Engineering (BEST: IJMITE). – 2016. – Vol. 4. – Iss. 7. – Pp. 89–112.
4. Yildiz A.S., Davut K., Koc B., Yilmaz O. Wire arc additive manufacturing of high-strength low alloy steels: study of process parameters and their influence on the bead geometry and mechanical characteristics // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. – 2020. – №. 108. – Pp. 3391–3404. https://doi.org/10.1007/s00170-020-05482-9.
5. Рудской А.И., Попович А.А. Новые материалы и аддитивные технологии. Опыт СПбПУ Петра Великого // Сборник трудов 14-й Международной научно-технической конференции, посвященной 60-летию порошковой металлургии Беларуси “Новые материалы и технологии: порошковая металлургия, композиционные материалы, заоитные покрытия, сварка”. – 2020. – С. 65–75.
6. Bambach M., Sizova I., Sydow B., Hemes S., Meiners F., Hybrid manufacturing of components from Ti-6Al-4V by metal forming and wire-arc additive manufacturing // J. Mater. Process. Technol. – 2020. – №. 282. – P. 116689. https://doi.org/ 10.1016/j.jmatprotec.2020.116689.
7. Attar H., Bermingham M.J., Ehtemam-Haghighi S., Dehghan-Manshadi A., Kent D., Dargusch M.S., Evaluation of the mechanical and wear properties of titanium produced by three different additive manufacturing methods for biomedical application // Mater. Sci. Eng. A. – 2019. – №. 760. – Pp. 339–345. https://doi.org/ 10.1016/j.msea.2019.06.024.
8. Orzolek S.M., Semple J.K., Fisher C.R. Influence of processing on the microstructure of nickel aluminum bronze (NAB) // Addit. Manuf. – 2022. – №. 56. – P. 102859, https://doi.org/10.1016/j.addma.2022.102859.
9. Дресвянников В.А, Дорофеев В.Д., Страхов Е.П., Скворцова В.А. Состояние теории и методологии управления внедрением аддитивных технологий в промышленности // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Общественные науки. – 2019. – №. 2(50). – С. 219–230.
10. Сомонов В.В., Николаев А.С. Использование методов гибкого управления инновационными проектами в сфере передовых производственных технологий для преодоления возникающих технологических барьеров // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2024. – №. 5. – Т. 6. – С. 269–279. https://doi.org/10.36871/ek.up.p.r.2024.05.06.035.
11. Иванова Т.Н., Иванов Д.В. Классический и гибкие подходы к управлению проектами // Бюллетень науки и практики. – 2019. – Т. 5. – №. 10. – С. 168–175. https://doi.org/10.33619/2414- 2948/47/21.
12. Шмелева А.С. Методы и инструменты гибкого управления цифровыми инновационными проектами. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата экономических наук / Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования “Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого”. – 2022. – 26 с.

УДК 37.013.77

ГЕЙМИФИКАЦИЯ КАК СТРАТЕГИЯ ПОВЫШЕНИЯ ВОВЛЕЧЕННОСТИ ОБУЧАЮЩИХСЯ В ШКОЛАХ

Сухоруков Д.С. (студент, Университет ИТМО)
Научный руководитель: к.э.н., доцент Гаврилюк Е.С. (Университет ИТМО)
e-mail: sukhorukov.danila@mail.ru

В статье рассматривается геймификация как инновационная стратегия повышения вовлеченности обучающихся в школьном образовательном процессе. Исследование подчеркивает, что геймификация активирует глубокие психологические механизмы, поддерживая внутреннюю мотивацию и создавая более эффективные образовательные условия. Описаны примеры успешного применения геймификации. Особое внимание уделяется адаптации игровой теории Ричарда Бартла к образовательному контексту для улучшения учебных стратегий.
Ключевые слова: *геймификация, мотивация обучения, теория Ричарда Бартла, обучение с элементами игры.*

В последние годы феномен геймификации привлек значительное внимание со стороны академического сообщества [1, 2, 3]. Геймификация – применение игровых элементов и игровых механизмов в неигровые контексты, становится все более популярным инструментом в разнообразных областях, включая образование. В образовательном процессе важнейшую роль играет мотивационная составляющая, которая может быть детально раскрыта в рамках внедрения игровых технологий.

В 2023 году был проведен опрос на платформе учи.ру. В нем приняло участие 1130 учителей, в котором указывается, что 84,5% преподавателей положительно относятся к геймификации на уроках. Также в опросе спрашивалась про улучшение навыков у обучающихся. Абсолютное большинство педагогов (97,4%) считают, что использование игровых технологий как в очном, так и в онлайн-образовании помогает школьникам в учебе. Им интереснее учиться (55,6%), они лучше запоминают учебный материал (29,2%), у них улучшается успеваемость (12,6%) (рис. 1) [4].

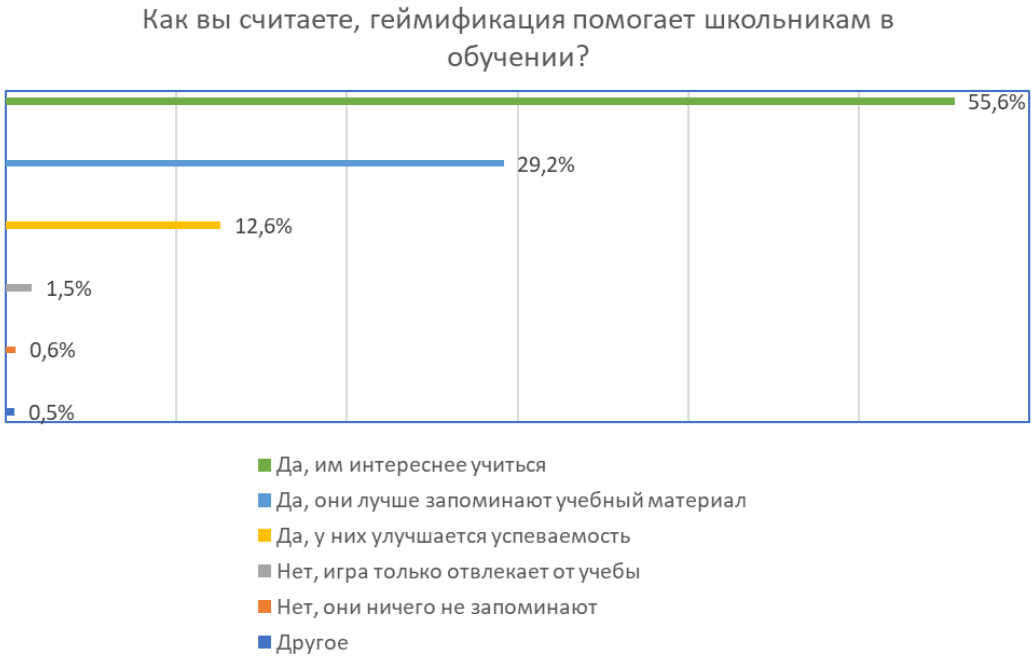


Рис. 1. Опрос преподавателей

Основополагающая идея геймификации заключается в том, чтобы использовать игровые механики, такие как баллы, лидерборды, значки и соревнования, для стимулирования активности и повышения интереса к выполняемым задачам. Привлекательность игрового подхода обусловлена глубинными психологическими и социальными механизмами, которые

он активирует, включая внутренняя мотивацию, чувство достижения и принадлежности к сообществу. В то время как традиционные методы стимулирования часто полагаются на внешние факторы, геймификация направлена на внутреннюю мотивацию и удовольствие, получаемое от самого процесса участия.

Цель данной статьи — изучение воздействия геймификации на вовлеченность обучающихся в школьном образовательном процессе. Исследование направлено на выявление эффективных методик геймификации, которые могут быть использованы для повышения мотивации и участия учащихся. Особое внимание уделяется анализу поведенческой психологии в контексте геймификации.

Актуальность исследования обусловлена растущей потребностью в адаптации образовательных стратегий к современным технологическим и социокультурным условиям. В условиях, когда традиционные методы обучения сталкиваются с проблемами внимания и мотивации учащихся, геймификация представляет собой инновационный инструмент, способный активизировать интерес к учебному процессу. Изучение истории использования геймификации и ее психолого-поведенческих основ также становится значимым в свете необходимости внедрения более персонализированных и эффективных образовательных технологий. Дополнение теории Ричарда Бартла в контексте школьного обучения позволит предложить улучшенные стратегии, направленные на учёт различных типов мотивации учащихся.

В 1971 году в США была впервые использована геймификация в том виде, в котором мы знаем её сегодня, на уроке истории для восьмиклассников. Дон Равич столкнулся с трудностью в привлечении учащихся к изучению темы «Западная экспансия середины XIX века». Чтобы заинтересовать учеников, он начал создавать настольную игру на основе карты, нарисованной на пергаментной бумаге. Игровой процесс позволял детям погружаться в эпоху и взаимодействовать с историческими событиями. В процессе разработки, его соседи, прошедшие курсы по программированию, помогли превратить эту идею в компьютерную игру. В итоге их творение стало известной игрой The Oregon Trail, распространенной тиражом более 65 миллионов копий и оставившей значительный след в образовательной сфере. «The Oregon Trail» не только обрела популярность как одна из ведущих компьютерных игр в стране, но и стала отправной точкой для индустрии образовательных игр [5].

Геймификация в образовании зародилась как инструмент для повышения вовлеченности учащихся, и пример The Oregon Trail продемонстрировал её потенциал в трансформации обучения, сделав его более интерактивным и увлекательным для учеников.

Игра "Where in the World Is Carmen Sandiego?" была разработана и выпущена компанией Brøderbund в 1985 году. Создание игры началось с идеи соединить развлечение и образование, чтобы сделать процесс обучения более увлекательным. Основой задумки была география, и целью игры стало развитие знаний о странах мира.

Идея создать игру, обучающую географии, принадлежала программисту Броду Халлидею и его коллеге Гэри Карлу. Они хотели создать образовательный продукт, который был бы интересен ученикам, и представили концепцию загадок и поиска, связав это с образом загадочной преступницы Кармен Сандиего.

В процессе разработки команда уделила вниманию легкости, обучению, эстетике. Так, игра была сделана достаточно простой для понимания, включая текстовые подсказки и интерактивные элементы. Игроку предстояло путешествовать по миру, разыскивая Кармен и её подельников, при этом ориентируясь на географические подсказки. Для привлечения внимания игроков история была насыщена яркими персонажами и детективным сюжетом. Изначальная идея заключалась в том, чтобы обучать географии через вовлечение в увлекательный сюжет, что способствовало запоминанию фактов о странах и культурах [6].

В этой статье анализируются факторы, влияющие на мотивацию учащихся в образовательном процессе, интегрированном с элементами геймификации. Эдвард Дечи и Ричард Райн разработали теорию мотивации, которая предполагает, что базовые психологические потребности человека – это потребность в автономии, компетенции и связи

с другими для внутренней мотивации [7]. Проанализируем удовлетворение данных потребностей посредством геймификации и их влияние на пользователей (табл. 1).

Таблица 1. **Удовлетворение потребностей с использованием геймификации**

Потребности	Определение по теории самодетерминации Э. Деси и Р. Райана	Влияние геймификации на пользователя
Автономия	Ощущение контроля над своими действиями	Предоставление пользователю возможности выбора и свободы действий в игровой среде
Компетентность	Чувство способности и эффективности в достижении целей	Четкое отображение прогресса, уровня сложности задач, достижения и награды
Связь с другими	Чувство социальной связи и принятия другими	Взаимодействие с другими пользователями, командные задания, социальные сети и механики, способствующие сотрудничеству

Таким образом, по теории самодетерминации преподаватель должен предоставлять возможность выбора, ставить определенные задачи по уровню сложности, награждать за успехи, а также создавать задания, которые потребуют объединения в команды или коллективного решения. Точечно изучил мотивацию в процессе обучения Джон Келлер. Он задумался о возможности объединения всех теорий и концепций, посвящённые мотивации, в простую и понятную модель. Он разработал модель, которая служит ответом на ранее доминирующие бихевиористические и когнитивные подходы к проектированию учебных программ, которые, согласно утверждениям Келлера, чрезмерно концентрировались на внешних стимуляторах и недостаточно учитывали мотивационные аспекты учащихся. Вдобавок, Келлер сформировал обширный перечень эффективных мотивационных стратегий, опираясь на существующие на тот момент исследования и интервью с действующими практиками в области образования, классифицировав их на четыре основные категории [8]. В таблице 2 приведены методики, которые необходимо применять в образовательной практике для обеспечения аспектов мотивации.

Таблица 2. **Методики геймификации в образовании**

Аспекты мотивации	Определение по модели Д. Келлера	Влияние геймификации на обучающий процесс
Внимание (Attention)	Способность пробудить интерес к курсу, вызвать любопытство	Использование ярких визуальных эффектов, интересного контента и интерактивных элементов для привлечения внимания учеников
Релевантность (Relevance)	Способность актуализировать информацию для обучающихся и показывать примеры, которые достигнуть с полученными знаниями	Предоставление контента и задач, релевантных интересам и потребностям учеников
Уверенность (Confidence)	Способность справляться с поставленными задачами, опираясь на полученные знания. Способность направить на истинный путь	Поддержка учеников через подсказки. Ошибка – как процесс обучения, позволит попробовать новое без страха неудачи
Удовлетворение (Satisfaction)	Способность поддержки и поощрения результата обучения	Предоставление вознаграждений и признания за достижения, что повышает удовлетворение от процесса
Волеизъявление (Volition)	Способность распределить потенциал обучающихся по определенным критериям, принципам, для раскрытия всех возможностей	Предоставление возможность выбора, персонализации

Геймификация позволяет преподавателю найти новые подходы: для удержания внимания, для увеличения визуализации и цифровизации материала, для поддержки и уверенности, для поощрения и признания, для возможности раскрыться каждому.

Поскольку геймификация заключается во внедрении игровых элементов в неигровые контексты, анализ её воздействия целесообразно проводить с точки зрения игровой теории и механик. Ричард Бартл предложил концепцию разделения игроков по категориям мотивации. Он разделил их на 4 квадранта: убийцы, социальщики, карьеристы, исследователи (рис. 1) [9].

Рис. 1. Теория разделения игроков Ричарда Бартла

Данную концепцию пересматривали Ник Йи и Джон Радофф [10, 11], но они сохранили фундаментальный подход к данной концепции. Настоящая статья предлагает расширенное видение изначального деления игроков, предложенного Ричардом Бартлом, применительно к школьникам. Ученики приходят в образовательные учреждения с различными мотивами. Одни стремятся получить новый опыт, другие ищут социализацию и общение, некоторым учеба служит средством карьерного роста, особенно в выпускных классах, а кто-то любит соревноваться во всем. Ричард Бартл относил игрока к одной определенной категории. Однако, данная теория ограничивается частными случаями, когда мотивировка участия в игре сосредоточена на одной цели. В этой статье представляется модель, основанная на пересечении различных категорий, визуализированная в форме тетраэдра, грани которого отражают многообразие целей учеников, демонстрируя их пересечение (рис. 2).

Рассмотрим цель каждого ученика по дополненной теории Ричарда Бартла:

Убийцы – ученики, для которых образовательный процесс интересен конкуренцией и доминированием над другими учениками. Им нужно все время соревноваться и побеждать.

Социальщики – ученики, для которых учеба становится инструментом социальной интеграции, создания и поддержания связей в различных группах.

Карьеристы – учащиеся, целенаправленно стремящиеся к достижению своих образовательных целей посредством накопления оценок и статусов, что приносит им ощущение удовлетворенности.

Исследователи – ученики, поглощенные самим процессом познания и исследования, ценящие интеллектуальный вызов и не особенно озабоченные формальным оцениванием их успехов.

Проводник (Наставник) – студенты, успешно освоившие материал и готовые оказывать помощь своим товарищам, поддерживая их в процессе обучения.

Охотник – учащиеся, которые осваивают образовательный материал быстрее своих сверстников и стремятся применять свои знания, выбирая соперников для интеллектуальных вызовов или новых соревнований.

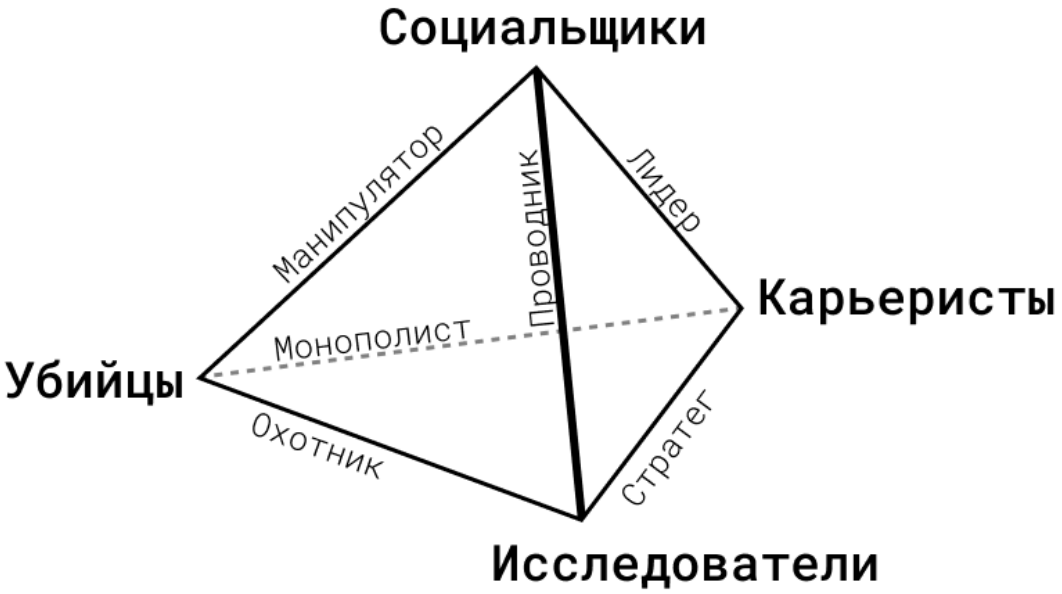


Рис. 1. Теория разделения учеников по мотивации обучения

Стратег – ученики, которые тщательно и обдуманно движутся к своим образовательным целям, уделяя внимание проверке своих гипотез и корректировке путей их достижения.

Монополист – учащиеся, склонные проявлять лидерские качества в классе, часто беря на себя роль основных спикеров, готовые демонстрировать свои знания.

Манипулятор – ученики, использующие свои знания для демонстрации интеллектуального превосходства над сверстниками.

Лидер – ученики, которые эффективно организуют и вдохновляют группы, направляя их к общей цели и обеспечивая эффективное взаимодействие между участниками.

Таким образом, обучающиеся делятся на 10 типов, каждый из которых имеют свою мотивацию в образовательном процессе.

В статье доказано, что геймификация является эффективным инструментом для повышения вовлеченности и мотивации учащихся в образовательном процессе. Она позволяет укрепить внутреннюю мотивацию учащихся, задействовать их во взаимодействии и социализации, а также ориентировать на достижение образовательных целей. Разработанная модель, основанная на расширении теории Ричарда Бартла, учитывает разнообразие мотиваций учащихся и предлагает стратегии, которые могут быть применены в школах для повышения успешности обучения. Реализация игровых элементов в образовательных процессах демонстрирует значительный потенциал в адаптации школьного обучения к современным технологическим условиям.

Список использованных источников

1. Дронова Н.А. Геймификация в образовании как способ улучшения качества образования в старшей школе // Образование и глобальные вызовы современности: научно-педагогический контекст: Материалы I Международной Интернет-конференции. – 2018. – С. 65–68.
2. Gilyazova O.S., Zamoshchanskii I.I. On motivational tools of gamification in higher education: theoretical aspect // Perspectives of Science and Education. – 2020. – №. 3(45). – Pp. 39–51. DOI 10.32744/pse.2020.3.3.
3. Чеботарева И.Н., Чистилина Д.О., Лясковец А.В. Геймификация как новая образовательная технология в современном высшем образовании // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Лингвистика и педагогика. – 2023. – Т. 13. – №. 1. – С. 136–148. DOI 10.21869/2223-151X-2023-13-1-136-148.
4. Педагоги считают, что геймификация обучения положительно сказывается на образовательном результате школьников. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://lp.uchi.ru/news/tpost/sve0ep1e11-pedagogi-schitayut-chto-geimifikatsiya-o (дата обращения: 23.09.2024).

5. The Legend of The Oregon Trail | Mental Floss. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://web.archive.org/web/20130731090300/http:/mentalfloss.com/article/51930/legend-oregon-trail (дата обращения: 25.09.2024).
6. Where in the World is Carmen Sandiego? – CHM. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://computerhistory.org/blog/where-in-the-world-is-carmen-sandiego/ (дата обращения 25.09.2024).
7. Deci E.L., Ryan R.M. Self-determination theory: A macrotheory of human motivation, development and health // Canadian Psychology. – 2008b – T. 49. – Pp. 182–185.
8. Keller J.M. Motivational Design for Learning and Performance: The ARCS Model Approach. New York: Springer. – 2010. DOI: 10.1007/978-1-4419-1250-3.
9. Bartle R. Hearts, clubs, diamonds, spades: Players who suit MUDs. – 1996. – 8 p.
10. Yee Ns. Motivations of play in MMORPGs. – 2005. – 10 p.
11. Radoff J. Game On: Energize Your Business with Social Media Games. – 2011. – 14 p.

УДК 338.2

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ – ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ РАЗВИТИЯ НЕФИНАНСОВОЙ ОТЧЕТНОСТИ В РОССИИ

Федорец Н.М. (ВШТЭ СПбГУПТД)
Научный руководитель: к.э.н, доцент Павлова Е.А. (Университет ИТМО)
e-mail: fedoretc_n@mail.ru

Работа посвящена использованию искусственного интеллекта как инструмента для развития нефинансовой отчетности в России. Рассматриваются текущие проблемы внедрения ESG-отчетности в российских компаниях, а также трудности с интеграцией устойчивого развития в бизнес-процессы. Описаны возможности для повышения точности отчетности, автоматизации процессов сбора и анализа данных, а также предсказания ESG-рисков. Особое внимание уделено существующим российским инструментам автоматизации нефинансовой отчетности. В заключении подчеркивается важность внедрения инновационных инструментов для повышения эффективности и конкурентоспособности российского бизнеса и для достижения целей устойчивого развития в глобальной перспективе.

Ключевые слова: *цели устойчивого развития, ESG-повестка, нефинансовая отчетность, искусственный интеллект, бизнес-процессы.*

Нефинансовая отчетность, которая включает в себя экологические, социальные и управленческие аспекты ESG-повестки, становится все более важной для компаний по всему миру. Включение нефинансовой отчетности в корпоративную стратегию помогает компаниям повышать свою прозрачность, укреплять репутацию и привлекать ответственных инвесторов.

В России нефинансовая отчетность пока еще находится на этапе развития. Несмотря на рост интереса к теме ESG-повестки, компании сталкиваются с рядом препятствий при её внедрении. По данным опроса, проводимого российским союзом промышленников и предпринимателей в 2022 году, таких как недостаток данных, сложностями, связанными с недостаточной прозрачностью методологии интеграции ESG в бизнес-процессы, а также с низкой мотивацией для представителей малого и среднего предпринимательства. Искусственный интеллект может стать ключевым инструментом для решения этих проблем и значительно улучшить качество нефинансовой отчетности, а также упростить процесс ее ведения [1].

На данный момент российские компании сталкиваются с рядом проблем при внедрении нефинансовой отчетности:

- недостаток качественных данных, поскольку многие компании часто не имеют доступа к надежным и полным данным для оценки своего экологического и социального воздействия;
- из-за отсутствия единых стандартов и методик оценки данные могут быть недостаточно точными или недостоверными;
- сложности в интеграции ESG в бизнес-процессы – многие компании не осознают, как нефинансовая отчетность может способствовать их долгосрочному успеху и управлению рисками.

Эти проблемы ограничивают возможности российских компаний в развитии устойчивого бизнеса и препятствуют их адаптации к глобальным изменениям в корпоративной среде [2].

Исходя из этого искусственный интеллект может стать эффективным инструментом для преодоления вышеперечисленных проблем и улучшения нефинансовой отчетности. На рисунке представлены направления для использования искусственного интеллекта.

Таким образом, применение искусственного интеллекта в области нефинансовой отчетности может включать анализ больших данных благодаря обработке больших данных в конечном тоге позволит компаниям получать более полную картину своего влияния на экологию и общество, поскольку нейросети могут собирать и анализировать информацию из различных источников для оценки воздействия компании на окружающую среду и общество. При этом автоматизация данного процесса позволит снизить временные затраты на создание

отчетности, а также на поиски или подготовку квалифицированных кадров, обеспечивая точность и соответствие международным стандартам. В то время как прогнозирование ESG-рисков поможет компаниям лучше управлять рисками и мониторить изменения в государственном регулировании, которые могут повлиять на деятельность компании и адаптироваться к новым условиям [3].

Рисунок. Направления внедрения искусственного интеллекта в ESG-сектор

Важно отметить, что на данный момент в России уже существуют определенные инструменты, которые помогают компаниям автоматизировать процесс сбора и обработки данных для нефинансовой отчетности. Некоторые из них включают:

1. Разрабатываются отечественные решения для мониторинга экологического воздействия, которые включают в себя функции сбора данных с производственных объектов, анализ выбросов и управления отходами.
2. Платформы для управления устойчивым развитием, такие платформы, как «Система ESG-профиль» и «Bereau Veritas Russia», а также программы-помощники, например от «Интерфакс-ЦРКИ», предоставляют инструменты для оценки и управления рисками в области устойчивого развития. Они помогают компаниям собирать и анализировать данные по экологическим и социальным аспектам деятельности.
3. В России активно разрабатываются и внедряются цифровые решения для автоматизации процессов отчетности, включая подготовку нефинансовых отчетов. Примеры таких решений включают «1С: отчетность» и другие программные продукты, которые могут быть адаптированы под задачи ESG-отчетности.

Эти инструменты могут использоваться, в том числе, в сочетании с искусственным интеллектом для повышения эффективности и точности нефинансовой отчетности, что особенно актуально в условиях увеличения требований к прозрачности и ответственности компаний [4, 5].

Использование искусственного интеллекта в нефинансовой отчетности предоставляет российским компаниям следующие преимущества [6, 7]:

1. Искусственный интеллект позволит собрать более точные и полные данные, что повысит доверие к отчетности со стороны инвесторов и других заинтересованных сторон.

2. Автоматизация процессов отчетности снижает операционные расходы и временные затраты на подготовку отчетов.
3. Искусственный интеллект позволит компаниям лучше управлять ESG-рисками и разрабатывать эффективные стратегии для развития бизнеса в короткой перспективе, а также для достижения Целей устойчивого развития – как глобальной цели ESG-повестки.

Однако существует ряд препятствий при внедрении искусственного интеллекта в процесс создания нефинансовой отчетности. Так, недостаток квалифицированных специалистов, поскольку вопрос использования искусственного интеллекта, несмотря на свою широкую популярность, остается весьма специализированным направлением, из-за чего компании могут испытывать дефицит специалистов с навыками работы анализа больших данных. Именно поэтому важно понимать, что при внедрении искусственного интеллекта потребуются инвестиции в технологии и обучение персонала.

Для успешного внедрения исследуемого инструмента в процессы нефинансовой отчетности российскими компаниями следует предпринимать следующие шаги:

1. Оценить текущие потребности в нефинансовой отчетности и выявить области для улучшения с помощью искусственного интеллекта.
2. Выбрать конкретные инструменты искусственного интеллекта для автоматизации процессов сбора и анализа данных и разработать методологии по их постепенному внедрению.
3. Интегрировать искусственный интеллект и машинное обучение в существующие бизнес-процессы, адаптировав технологии под специфику компании и отрасли.
4. Со стороны компаний обеспечивать своевременное обучение сотрудников для работы с новыми технологиями.

Искусственный интеллект может стать ключевым инструментом для повышения эффективности нефинансовой отчетности в российских компаниях. Внедрение искусственного интеллекта позволит улучшить качество данных, снизить затраты и лучше управлять ESG-рисками. Существующие российские инструменты автоматизации могут быть использованы совместно с нейросетями для достижения наилучших результатов. Для успешного применения искусственного интеллекта компаниям необходимо развивать компетенции в области новых технологий и интегрироваться их в свои бизнес-процессы. Это позволит укрепить свои позиции на международной арене и соответствовать глобальным стандартам устойчивого развития.

Список использованных источников

1. Развития ESG в секторе МСП: результаты опроса в российских регионах//Институт развития предпринимательства и экономики – 2023; опубл. 27.06.2023. – 38 с.
2. Глобальный опрос инвесторов, проведенный PwC. Экономические реалии ESG. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.pwc.com/kz/en/assets/pdf/global-investor-survey.pdf (дата обращения: 03.09.2024).
3. Искусственный интеллект на службе бизнеса. Как машинное прогнозирование помогает принимать решения / Аджей Агравал, Джошуа Ганс, Ави Голдфарб; пер. с англ. Е. Петровой. – 3-е изд. – М.: Манн. Иванов и Фербер, 2019. – 240 с.
4. Тренды нефинансовой отчетности в сфере управления устойчивым развитием организаций в России. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: file:///C:/Users/oprss2/Downloads/trendy-nefinansovoy-otchetnosti-v-sfere-upravleniya-ustoychivym-razvitiem-organizatsiy-v-rossii.pdf (дата обращения: 01.09.2024).
5. Интерфакс-ЦРКИ» разработал программу-помощник для подготовки ESG-отчётности. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://group.interfax.ru/interfax/about/smi/interfaks-tsrki-razrabotal-programmu-pomoshchnik-dlya-podgotovki-esg-otchyetnosti/ (дата обращения: 14.08.2024).
6. Цифровизация ESG-результативности. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ibs.ru/company/products/esg/indicators/ (дата обращения: 24.08.2024).
7. Инструмент ESG Management Solution для управления вопросами ESG. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.pwc.com/kz/ru/services/esg/esg-management-solution.html (дата обращения: 14.08.2024).

УДК 608.1

С ЧЕГО НАЧИНАТЬ ЗНАКОМСТВО С ПАТЕНТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ В ШКОЛЕ, С ИЗОБРЕТЕНИЯ ИЛИ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ?

Цуркан А.Б. (ученица, МБОУ СОШ №12, г. Королёв, Московская область)
Научный руководитель: Екимовская А.А. (МАИ, БФ «Образование+»)
e-mail: piti55@bk.ru

Как только школьник получает первый результат интеллектуальной деятельности, пусть даже очень простой, возникает желание оформить его законодательно, причём на самом высоком уровне, вплоть до открытия. Постепенно начинается изучение различных форм патентов. Очень скоро выбор ограничивается изобретением или полезной моделью. Второй вариант оказывается проще по нескольким причинам: не требуется изобретательский уровень, меньше патентные пошлины, короче сроки делопроизводства.
Ключевые слова: *изобретение, полезная модель, патент, новизна, изобретательский уровень, патентное законодательство, патентное делопроизводство, пошлина.*

Если ученик услышал о патенте, то у него сразу появляется желание сделать открытие на уровне Нобелевской премии. Но в школьной жизни дела обстоят иначе. Реальность показывает, что ученикам и студентам есть смысл начинать знакомство с патентной областью с простых форм результатов интеллектуальной деятельности. Личный опыт показал, что патент на полезную модель на учебную установку из фанеры, где не требуется изобретательский уровень, был получен за три месяца. Никто не запрещает осваивать более сложные виды интеллектуальной собственности, постепенно переходить к изобретениям. Но делать это лучше постепенно, когда появится опыт работы не только в технической области, но и в патентной деятельности. Чтобы поддержать интерес ученика к патентной деятельности, надо постоянно определять потребителя продукта предложенной им интеллектуальной собственности. Так как школьники и студенты работают в образовательных учреждениях, то постоянно видят учебные пособия и установки. Значит, есть смысл начинать знакомство с патентной работой с полезных моделей на учебные пособия.

Летом мой руководитель и наставник получила свой первый патент на изобретение. После этого патентная работа в школьном кружке не то, что закипела, а буквально взорвалась. Руководитель кружка профессиональный патентовед, поэтому он обрадовался новой затее, до которой раньше просто руки не доходили. Когда школьник начинает работать в патентной области, то о пользе такой деятельности он сначала думает мало, лишь бы красивый охранный документ получить. Позднее начинают осознаваться преимущества, в том числе на примере работы студентов в научном обществе вуза. В начале новой работы ошибок всегда множество. Руководитель рассказала случай со своим видеороликом, который ей противопоставил Государственный эксперт по интеллектуальной собственности. Потом с другой ученицей школьного кружка «Юный физик – умелые руки» произошла такая же история. Чтобы не повторять ошибок ученикам кружка было строго-настрого сказано: «Сначала заявка, потом выступления и публикации!».

После двух лет работы в школьном кружке начинают пониматься совершённые ошибки в области интеллектуальной собственности. Первая школьная работа была связана с ауксетиками. Это материалы, которые расширяются при растяжении и сжимаются при сжатии, то есть их свойства противоположны традиционным в нашем понимании материалам. Такие интересные свойства сразу привлекли всё внимание, но в мыслях даже не было слова патент. Конечно, это было первой ошибкой. Новая модель ауксетика, в том числе обучающая, создана, но патентовать поздно. Это повторение ошибки научного руководителя. Патентовать можно техническое предложение, суть которого не раскрыта в общедоступных источниках информации до даты приоритета, то есть до даты подачи заявки на патент. В патентном законодательстве есть понятие конвенционного приоритета или учёта авторских публикаций с историей не более полугода, не влияющих на новизну заявки. Однако лучше этим не пользоваться или применять в крайних случаях. Опыт работы в школьном кружке показал, что

предоставленные полгода после раскрытия в общем доступе сути технического предложения авторы практически не используют. Так оказалось с ауксетиком. Множество конференций и конкурсов с изданием сборников статей и видеороликами обеспечили общий доступ к результатам работы, отведённые для патентования полгода были пропущены, интересная и важная работа оказалась утраченной с позиции результатов интеллектуальной деятельности (РИД) и интеллектуальной собственности. Сохранилось только авторское право на опубликованные статьи [1, 2]. В связи с этим после повторяющихся ошибок в преждевременном раскрытии технических предложений была усвоена рекомендация проверки полученных результатов на возможность патентования. Причём эта рекомендация стала не формальным требованием, как просят, например, в экспертном заключении на многих конференциях, а осознанным действием школьника. На рис. 1 показан пример утраченной интеллектуальной собственности, на которую потом на занятиях кружка все вместе составили вариант формулы не только полезной модели, а возможно, изобретения: «Модель материала-ауксетика, содержащая…, отличающаяся тем, что элементарные звенья соединены друг с другом под углом и замкнуты в призматическую структуру…» Увы, теперь патентовать это техническое решение поздно.

Рис. 1. Пример упущенной авторской интеллектуальной собственности

Научный руководитель учится на Аэрокосмическом факультете Московского авиационного института, поэтому предложила попробовать силы в новой работе, в баллистике, в орбитальном движении космических аппаратов (КА). Это предмет, от которого студенты стараются держаться подальше, но зато остаются работать в этой области только самые увлечённые космосом. Выпускники нашего школьного кружка оканчивали факультет МГТУ им. Н.Э. Баумана для работы в Центре управления полётами (ЦУП, город Королёв, Московская область), не верили, что школьник может осилить такое направление. Решили начать все вместе с параметрами орбит – их шесть. Школьный предмет «Астрономия» значится в образовательной программе, но занятия, в лучшем случае, сводятся к знакомству с

историей и фотографиями планет Солнечной системы. Орбиты КА в школе изучают только самые простые, круговые, да и то с единственным параметром – высотой орбиты над поверхностью Земли. Оказалось, что это название обыденное, не для специалистов-баллистиков, правильно надо говорить о большой полуоси орбиты КА, а в случае круговой орбиты – это диаметр. Но это только один параметр орбиты, который в школе донести ученикам очень трудно. А всего параметров орбиты КА шесть. Очень трудно представить! Картинки мало помогают, а демонстрационных пособий нет. В лучшем случае в кабинете физики есть старая астролябия, хорошо, если исправная, которой никто не знает, как пользоваться. Вот так появилась идея создания нового учебного пособия.

О каких шести параметрах можно говорить, когда даже один нельзя представить? На практике оказалось, что намного проще представить параметры орбиты КА по одному, по очереди. Плоскость эллипса – это плоскость орбиты по первому закону Кеплера. Значит, плоский лист фанеры, не сильно гнущейся, толщиной 6 мм, вполне способен передать свойства этой плоскости. Центр Земли расположен в фокусе эллипса тоже по первому закону Кеплера. Значит, надо наметить в фанерном эллипсе фокус и выпилить в нём отверстие для модели Земли – обычного теннисного шарика, а ещё лучше маленького игрушечного глобуса. Теннисный шарик – модель Земли. Шарнир изменяет наклонение плоскости орбиты к плоскости экватора. Значит, нужна подставка, тоже из такой же фанеры, которая моделирует плоскость экватора. Сразу появилась идея менять роли подставки и эллиптической орбиты. Подставку надо сделать круглой, тогда она будет моделировать круговую орбиту КА, но при этом установку надо перевернуть, подставкой станет эллипс. Вытянутость эллипса – это эксцентриситет эллиптической орбиты. Угловые секторы надо начертить прямо на фанерном эллипсе и на фанерном круге – это иллюстрация второго закона Кеплера. Поворот подставки модели на столе – это долгота восходящего узла. И так далее. Изготовить такую модель просто, но права на неё теперь не только авторские, но и патентные. Материалы подручные, тем более, в то время у школьного кружка были хорошие шефы на стройке, даже эллипс и круг электролобзиком выпилили из толстой фанеры. Ручным лобзиком можно пользоваться всем школьникам, но им не выпилить, короткий. Заявка на патент на полезную модель подавалась в спешке. Как обычно, времени ни на что не хватало, потому что 2 ноября начинала работать Алфёровская конференция в Санкт-Петербурге, где с этой моделью была одержана победа – первое место [3]. Но за две недели до конференции удалось успеть подать заявку на патент, зафиксировать приоритет 16.10.2023, а потом публично выступать и публиковать статьи в сборниках трудов конференций. Главное правило было выполнено: «Сначала - заявка на патент, потом – публичные выступления!» Это был первый случай в школьном кружке, когда интеллектуальная собственность была защищена патентом до публикации сути технического решения в общедоступных источниках информации.

Общий вид запатентованной полезной модели представлен на рисунке 2, на котором сохранены обозначения иллюстраций из патента [4]. Первая полезная модель в виде учебной установки стала не отвлечённым научным пособием, а востребованным продуктом. Востребованность школьного продукта доказана в четырёх направлениях.

Первая востребованность продукта – личная. Это победы на конкурсах, в том числе с потенциальными материальными благами. Например, уже получены награды, в том числе с учётом наличия авторского патента, которые включили победителя в Государственный информационный ресурс «Реестр одарённых детей» Фонда «Талант и успех», значит, в вузе можно претендовать на Грант Президента РФ – это стипендия 25000 рублей в месяц на весь период обучения с ежегодным подтверждением заслуг. Другие награды, полученные тоже с учётом наличия патента на полезную модель, позволяют претендовать на бесплатные путёвки в детские центры «Артек», «Смена», «Океан» и «Сириус». Получается, что патентование и защита интеллектуальной собственности настолько сильно поддерживается Государством, что школьник, получивший патент или хотя бы подавший заявку на него, становится обладателем дорогостоящих благ, пусть пока потенциальных, но которые вполне можно превратить в реальные.

Рис. 2. Схема запатентованной полезной модели – учебной установки

Вторая востребованность продукта – административная. В административной системе такие награды, даже заявка на патент, не говоря о полученном патенте, повышают рейтинг школы. Администрация школы заинтересована в расширении патентной деятельности учащихся, потому что рейтинг школы определяет дополнительное финансирование учебного заведения. Более того, как только учителя узнали о школьном патенте, многие захотели последовать примеру, потому что патент резко повышает баллы при аттестации учителя. Получилось, что школьный кружок «Юный физик – умелые руки» в патентной деятельности значительно опередил педагогических работников.

Третья востребованность РИД исходит от сторонних организаций, заинтересованных в наглядном учебном пособии. Только нужно постоянно рекламировать свои достижения и предлагать новые рыночные продукты. Теперь уже запатентованная в виде полезной модели установка была показана в трёх вузах: Московском авиационном институте (НИУ МАИ), МГТУ им. Н.Э. Баумана (НИУ) и Московском энергетическом институте (НИУ МЭИ). Предлагаемая учебная установка далека от области энергетики, но первые два вуза заинтересовались результатами теперь уже не только научной деятельности, но ещё и защищённой интеллектуальной. Студенты с удовольствием поворачивали детали установки, показывали на ней параметры орбит КА, а научное жюри присудило третье место в возрастной категории «Студенты». Опять получилось, что РИД опередил потребность учащихся и преподавателей в наличие удобного и понятного всем демонстрационного макета.

Наконец, четвёртая востребованность интеллектуального продукта – педагогическая. Патент – это мощный стимул воспитательной работы. На рисунке 3 показано торжественное вручение первого в школьном кружке патента на полезную модель, рассматривание охранного документа младшими учениками, желание получить такой же красочный документ с большой печатью и прикреплённым внутри твёрдого листа описанием установки. Педагогическая востребованность интеллектуального продукта обычно не упоминается в литературе. Основное внимание обращено на окупаемость, рентабельность, клиентскую базу и другие экономические характеристики. Но в этом примере важным стал не только патент на полезную модель, но ещё и безупречное оформление заявки для Федерального института промышленной собственности (ФИПС), куда школьники и студенты постоянно отвозят корреспонденцию или передают письма с оказией, чтобы не пропускать занятия. Заявка на

патент была подана 16 октября, а 26 января, то есть через три месяца и десять дней, произошла Государственная регистрация патента с публикацией в Патентом бюллетене [4]. Такая оперативность в получении охранного документа склоняет школьников начинать патентную деятельность не с изобретений или открытий на уровне Нобелевский премий, а с полезных моделей. Во-первых, сроки рассмотрения материалов заявки в два-три раза меньше. Во-вторых, пошлины ниже. В-третьих, не требуется обосновывать изобретательский уровень, что очень важно в условиях школьной лаборатории.

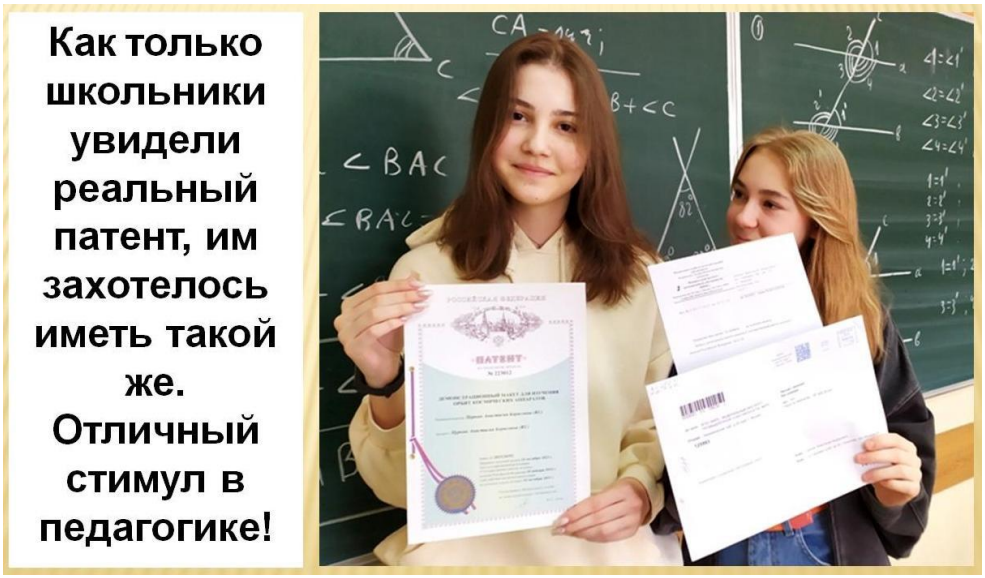


Рис. 3. Педагогическая востребованность патентной деятельности

Как только права на интеллектуальную собственность (полезную модель) защищены Государством в виде патента, есть смысл поддерживать патент в силе, как минимум пять лет, пока патентная ежегодная пошлина за это юридически значимое действие не возрастёт на порядок, до 2500 рублей. Этого времени вполне достаточно, чтобы правильно распорядиться полученными РИД. Правда, для школьников есть некоторые ограничения из-за возраста, до совершеннолетия, но это временно.

Первый продукт школьника на рынке интеллектуальной собственности имеет разностороннюю востребованность, как личную, так и стороннюю. Этот продукт создаёт такой же разносторонний задел для предстоящего обучения будущего студента в вузе: научный, образовательный, экономический. Учитывая, что научная работа продолжается непрерывно, появляется стимул к дальнейшей деятельности, в том числе в патентной области, причём этот стимул передаётся окружающим ученикам, формируя педагогическую направленность работы.

Список использованных источников

1. Цуркан А.Б. Призматические и цилиндрические модели материалов из ауксетиков. / XVIII Международный конкурс научно-исследовательских и творческих работ учащихся. - М.: Российская академия естествознания (РАЕ), 20 марта 2023 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://files.school-science.ru/pdf/18/63bbfb9b22ffc.pdf (дата обращения: 28.08.2024 г.).
2. Цуркан А.Б. Новые призматические и цилиндрические модели материалов-ауксетиков. Секция "Физика и астрономия" / Сборник тезисов. VIII Всероссийская (с международным участием) конференция учащихся им. Н.И.Лобачевского. - Казань: Казанский (Приволжский) федеральный университет, 24–27 марта 2023 г.
3. Цуркан А.Б. Геозондирование Северного морского пути космическими аппаратами с вытянутыми эллиптическими орбитами // Всероссийская научно-практическая конференция им. Жореса Алфёрова: сборник тезисов статей. – 2023. – С. 87–88.
4. Патент на полезную модель RU 223012 U1, Российская Федерация, МПК G09B 27/02 (2006.01) Демонстрационный макет для изучения орбит космических аппаратов / Цуркан А.Б. Заявитель и патентообладатель. – №2023126392; заявл. 16.10.2023; опубл. 26.01.2024, Бюлл. №3. – 14 с.: ил.

УДК 372.881.111.1

РОЛЬ ИНОСТРАННОГО ЯЗЫКА В ПРОФЕССИОНАЛЬНОМ СТАНОВЛЕНИИ БУДУЩИХ ИНЖЕНЕРОВ

Шевко А.В. (студент, МАИ), **Солобоева Н.В.** (студент, МАИ)
Научный руководитель: ст. преподаватель Власова С.В. (МАИ)
e-mail: anastasia.shevko@yandex.ru

В статье доказывается важность обучения студентов аэрокосмических вузов иностранному языку специальности. Проанализированы прикладное значение овладения аэрокосмическим словарем и необходимость формирования навыков профессиональной коммуникации в лингвистическом, экономическом и социокультурном аспектах изучения инженерами иностранного языка. На базе данных анкетирования студентов разработаны практические рекомендации по организации внеучебных занятий на иностранном языке для формирования коммуникативных навыков в профессии. Составлен словарь терминов в помощь студентам авиационного профиля для работы над проектом моделирования тренировочного самолета. Проанализирована эффективность разработанных авторами упражнений для улучшения навыков бизнес коммуникации, предложены пути модернизации овладения ИЯ специальности.

Ключевые слова: *инженерное образование, иностранный язык специальности, профессиональное становление студентов, аэрокосмическая терминология, межкультурная коммуникация.*

Актуальность данного исследования заключается в возрастании важности подготовки инженерных кадров в вузах в связи с запросом государства на возрождение престижа профессии инженер с современных условиях. Изменения требований работодателя к профессиональным и коммуникативным компетенциям молодых специалистов в аспекте овладения студентами аэрокосмического вуза иностранным языком (ИЯ) специальности способствует росту внимания вузов к изучению будущими инженерами ИЯ [1].

Гипотеза исследования представлена идеей о повышении эффективности формирования профессиональных навыков у студентов аэрокосмических специальностей и совершенствования личностных качеств молодого специалиста за счет интеграции ИЯ в подготовку будущих конкурентоспособных инженерных кадров.

В ходе работы были выделены следующие аспекты, отражающие важность интеграции, ИЯ аэрокосмической специальности в подготовку конкурентоспособного инженера: развитие технических умений студента, повышение социальной и экономической грамотности, воспитание личности студента аэрокосмического вуза.

1. ИЯ специальности как элемент формирования профессиональных навыков будущих инженеров авиаторов.

Развитие инженерно-технических навыков в профессии предполагает, в первую очередь, овладение студентами аэрокосмического вуза знаниями в научной, проектной и исследовательской работе по специальности [2]. Необходимо формирование умений по управлению аэрокосмическими проектами на всех этапах их жизненного цикла; повышение готовности к решению научных задач авиационной направленности; развитие навыков информационной безопасности; знание алгоритмов подготовки отчетов, обзоров, научных публикаций аэрокосмического профиля; совершенствование навыков анализа научных публикаций на ИЯ.

С целью изучения важности интеграции ИЯ в научно-техническую работу за основу был взят процесс разработки студентами авиационных кафедр модели учебно-тренировочного самолета УТС МАИ 2024. Для повышения научности проекта, знакомства с международным опытом моделирования учебно-тренировочных самолетов и для расширения знаний англоязычной терминологии команда студентов инженеров привлекла студентов лингвистов, с помощью которых был составлен банк ссылок по ресурсам на ИЯ, таких как Elsevier, Researchgate, elibrary, cyberleninka, The TrudyMAI journal, Nauchnyi vestnik MGTU GA journal, simpleflying.com, aviationnews.eu, calaero.edu/aeronautics, en.m.wikipedia.org. Изучение документации на ИЯ по российским разработкам учебно-тренировочных самолетов, таких как ЯК-52, Ил-103, Су-29, Як-130 позволило сравнить конструкционные данные тренировочных

самолетов Northrop T-38 Talon, Boeing-Saab T-7A Red Hawk, **Bücker Bü 131 «Jungmann», BAE Systems Hawk** на научной основе.

Результатом работы стало создание и укрупнение словаря терминов на ИЯ по проекту УТС МАИ 2024, в который вошли 112 общеинженерных терминов и 94 узкоспециальных термина, такие как biplane basic trainer – базовый учебный биплан, light piston-powered aircraft – легкие самолеты с поршневыми двигателями; aerobatic ability – пригодность к высшему пилотажу; fuel reserve – резерв горючего; turboprop trainer – учебный самолет с турбовинтовыми двигателями; tandem flight control – совместное управление полетом, т.д.

Данный словарь-глоссарий предоставляет четкие и точные определения специализированных терминов, что помогает студентам в чтении чертежей по проекту, в переводе документации, сертификатов и патентов, позволяя избежать ошибок в использовании специализированной лексики. Термины разделены на два блока: общеинженерный английский и ESP термины (English for Specific Purposes) или узкоспециальные термины. Примеры лексики из словаря приведены в таблице 1.

Таблица 1. **Глоссарий по проекту «Учебно-тренировочный самолет»**

Терминология	
Инженерный английский	**Язык специальности (ESP)**
Maintenance	Lift-to-drag ratio
Flow-chart	Four-stroke nine-cylinder engine
Withstand the load	Trainer aircraft
Collect data	Operational conversion unit
Amplifier	Low and extremely low altitudes
Made mainly of composite materials	Mid-air collision
Board	10,000 hours of assigned resource
Drawing	Radar contacts
	Avionics system

Применение данного словаря упрощает анализ авиационных материалов на ИЯ по теме проекта УТС МАИ 2024, помогает в оформлении документации для иноязычных партнеров.

Помимо глоссария, показанного в табл. 1 и созданного для узкопрофильного применения в работе с документацией по проекту, в помощь студентам при коммуникации на ИЯ был также составлен список речевых клише и фраз, позволяющий грамотно вести дискуссию в процессе работы: «Do you see the parameters in the drawing?», «It is impossible to determine the dimensions of the ailerons and the vertical stabilizer», «Let’s discuss pros and cons», «It’s matter of opinion», «It is necessary to purchase more glue, bolts, varnish and screwdrivers», «The first item on agenda is…», «Who is responsible for the drawings?», «I would like to add that…», « There are no dimensions for the landing gear fairing and the cockpit», «But we must take into consideration that…», «How many pages are there in the model sketch?», «I’m afraid I don’t see it in this way» «What is your opinion on that?») аспекты совместной деятельности студентов.

Также в процессе оформлении результатов работы над проектом модели самолета разработана копилка полезных англоязычных сайтов для подачи патентов: https://www.wipo.int/pct/en/, https://www.epo.org/en/searching-for-patents/legal/register, по работе с международными стандартами ICAO, FAA, EASA https://www.icao.int/Pages/default.aspx, https://www.faa.gov/. Создан банк онлайн ресурсов для изучения особенностей сертификатов, мануалов, талонов летной годности (например, сайты Airworthiness approval tag https://www.easa.europa.eu/en, https://air-compliance.com/sitemap.php).

Словарь представлен в электронном виде, доступ к которому осуществляется по QR-коду.

Следует отметить, что совместная работа студентов разных кафедр (авиационных и лингвистических) позволила на только облегчить изучение материалов на ИЯ по проекту УТС МАИ 2024, но и дала возможность наладить контакты внутри студенческих научных объединений вуза, учиться работать совместно с иностранными обучающимися [3].

2. Социально-экономический фактор использования ИЯ в инженерных проектах.

С целью анализа понимания студентами преимуществ знания ИЯ для карьерного роста, осознания повышения статуса при участии в международных проектах, стажировках и командировках было проведено анкетирование 64 студентов инженерных кафедр. Было предложено 12 вопросов, нацеленных на выявление понимания участниками научных аэрокосмических проектов роли, ИЯ в формировании финансовой и социальной независимости современного инженера. Примеры вопросов: «Влияет ли знание ИЯ на заработную плату инженера авиаконструктора?», «Важна ли для Вас деловая коммуникация на ИЯ?», «Необходим ли ИЯ для знакомства с традициями и культурой страны Ваших деловых партнеров?», «Достаточен ли Ваш уровень ИЯ для проведения переговоров в аэрокосмической отрасли / для бесед на личные темы / для культурного общения?», «Влияет ли знание ИЯ на статус инженера при участии в командной работе над проектами?», т. д. В том же опросе был предложен второй блок вопросов - по формам организации внеучебной деятельности на ИЯ специальности: «Важны ли для Вас культурные мероприятия на ИЯ (посещение музеев, конференций, встречи с интересными людьми в профессии (на русском языке / на ИЯ за границей?», «Для развития Вашей деловой коммуникации Вам важнее лекции, доклады, конкурсы (выбор из предложенных вариантов?» и т. д.

Результаты опроса показали, что ИЯ для делового общения важен для 100% респондентов. Также очень высокий процент отдан знанию ИЯ специальности для повышения зарплаты (98%) и для роста социального статуса сотрудника (91%). По выявлению навыков владения ИЯ специальности получены, в частности, следующие результаты: готовы представить свой проект на ИЯ только 66% респондентов; хотят участвовать в викторинах и мозговых штурмах 79% студентов, при этом конкурсы в деловые игры предпочитают всего 57% и 48% респондентов, соответственно; могут поддержать беседу 40% опрошенных, а готовы вести переговоры на ИЯ только 23%. Ожидаемо большой процент ответов отдан на культурные мероприятия на ИЯ в научном аэрокосмическом аспекте: встречи с лучшими представителями профессии из других стран (83%), посещение аэрокосмических музеев при визите за границу (82%). Результаты опроса предложены в таблице 2.

Таблица 2. **Предпочтения студентов по формам организации изучения ИЯ специальности во внеучебной деятельности**

Внеаудиторная работа на ИЯ					
Информационные	%	Соревнования	%	Культурно-просветительские события	%
Лекция, доклад	15	Деловая игра	48	Круглый стол	75
Конференция	54	Викторина, Мозговой штурм	79	Посещение музея	20
Презентация проекта	61	Конкурс	57	Встреча с интересными людьми	83

По результатам опроса выявлены как наиболее проблемные точки (лекции на ИЯ, 15% положительных ответов), так и самые интересные для студентов формы организации внеучебной деятельности (встречи с интересными людьми на ИЯ, 83% и викторина/мозговые штурмы, 79%). Присутствует интерес к зарубежным командировкам и музеям за границей, однако, лекции и посещения музеев в России неожиданно оказались менее интересными для студентов (20%). Среди причин такой низкой оценки указывались: «Посещение лекций по расписанию занятий и не желание слушать лекции во внеучебное время», «Многократное посещение музеев по авиации в школе», «Отсутствие интересных экскурсий в музеях по авиации».

С целью развития коммуникативной компетенции на ИЯ специальности подготовлены и проведены круглые столы («From classroom to cockpit: students perspectives on flight training design», «Wings of Tomorrow: developing flight training solutions for the future», «Aero-Vision: A Student Roundtable on the Future of Aviation Education»), деловые игры («Sky High Challenge:

Design, Build, and Fly the Future of Flight Training», «The Trainer Project: A Global Competition for Flight Training Innovation»), мини викторины («Aero-quiz: Test Your Knowledge of Flight Training Aircraft», «Wings of wisdom: try out your knowledge and fly to the victory!» «Get quizzed: a battle of brains for aviation success!).

Для улучшения навыков делового сотрудничества был подготовлен курс из 4 занятий по обучению технике презентации проектов на ИЯ специальности на следующие темы: «Comparison of certification, design and production requirements for aircraft in different countries», «The role of artificial intelligence and machine learning in aircraft design», «Researching customer and market needs in different countries», «Collaboration between universities and industry in the field of aviation».

Для анализа мнения студентов старших курсов аэрокосмических кафедр по вопросу о деловом общении на ИЯ авиационных специальностей и понимания целесообразности применения данного курса был проведен опрос (перед началом первого занятия и повторно после заключительного занятия). Вопросы были нацелены на выяснение предпочтений студентов в аспекте важности ИЯ в профессиональном общении будущих аэрокосмических инженеров. Вопросы анкетирования закрытого типа, а также процент положительных ответов представлены в таблице 3.

Таблица 3. **Результаты опроса студентов «ИЯ для делового общения»**

Вопрос	1 занятие	4 занятие
Важен ли ИЯ специальности для делового общения?	62%	87%
Необходимо ли знание ИЯ разработчикам учебно-тренировочных самолетов?	75%	78%
Часто ли разработчики учебно-тренировочных самолетов используют иностранные источники?	66%	95%
Знаете ли Вы технические термины ИЯ, необходимые для разработки тренировочных самолетов?	24%	75%
Будут ли преимущества у разработчиков при использовании ИЯ при разработке тренировочных самолетов?	75%	71%
Важны ли специальные курсы или программы обучения на ИЯ в контексте разработки тренировочных самолетов?	34%	87%
Английский язык предоставляет наибольшую пользу и значимость для разработчиков учебно-тренировочных самолетов?	88%	91%

Данные таблице 3 показывают положительную оценку участниками результат от прохождения курса. Самый большой прирост интереса дали ответы на вопрос о необходимости специальных курсов для улучшения знаний ИЯ по тренировочному самолету (87% против 34% в начале) и прирост по увеличению словаря специальности (75% против 24% в начале работы), что говорит о полезности разработанных авторами занятий.

По результатам опроса был сделан вывод о том, что знание ИЯ необходимо для профессиональной коммуникации, участия в групповых проектах, со студентами других стран, а знание терминологии специальности помогает студентам эффективнее делиться идеями и объяснять свои мысли коллегам. Также в ходе опроса было выявлено, что в настоящий момент есть недостаток в специальных курсах/программах обучения, которые помогают разработчикам улучшить свои навыки иностранного языка [4].

3. Важность ИЯ для личностного становления будущего инженера.

Использование ИЯ специальности в инженерных проектах способствует формированию логики, произвольного внимания, критического мышления у студентов технических кафедр [5].

Для подтверждения данного постулата был проведен опрос, в котором были представлены вопросы о приемах и формах становления критического мышления. Вопросы и варианты ответов респондентов представлены на рисунке 1.

Рис. 1. Развитие критического мышления

Результаты, отраженные в диаграмме 1 показывают, что студенты считают наиболее важными для развития критического мышления на ИЯ проекты по конструированию, проектированию (30%) и задания на реализацию новых идей (27%).

Результаты ответов студентов авиационных кафедр на вопросы о роли ИЯ специальности в расширении кругозора студентов технических кафедр отражены на рисунке 2.

Рис. 2. Личностное становление

Самый большой процент по роли ИЯ для расширения кругозора отдан респондентами на обмен идеями и опытом (26%), что можно рассматривать как запрос студентов на организацию в вузе большего количества научно-исследовательских мероприятий на ИЯ [6].

В ходе исследования также проводился анализ роли интеграции ИЯ в работу над инженерным проектом как инструмента влияния на повышение уровня самооценки студентов аэрокосмических направлений обучения. Участникам проекта УТС МАИ 2024 в начале работы были предложены вопросы с целью выявления потенциальных изменений развития самоуважения в профессиональной сфере в аспекте роли ИЯ специальности с ограничением

ответов на «Да» и «Нет». Примеры вопросов: «Я возьмусь за разработку научно-исследовательского проекта на ИЯ», «Я не боюсь участвовать в дискуссиях авиационной тематики на ИЯ», «Мне не сложно подобрать иноязычную литературу по теме инженерного исследования», «Мне интересно сотрудничать в студенческом проекте со студентами других стран и культур», «Я готов обсуждать свои технические идеи на ИЯ», «Я завишу от оценки моего уровня ИЯ при работе над проектом», т.д. В результате анализа результатов было выявлено, что самая проблемная область по самооценке у студентов авиационных профессий – это готовность отстаивать свою точку зрения по проекту на ИЯ (23% в начале работы) и неуверенность в своих знаниях по ИЯ для участия в международном проекте (25% в начале работы). Самая высокая самооценка получена при ответах на вопросы про готовность подбора научной литературы авиационной тематики на ИЯ (64%) и о желании участвовать в международных студенческих проектах (84%). Выявлено противоречие между желанием будущих инженеров проявить свои профессиональные качества в научном международном сотрудничестве на ИЯ и самооценкой готовности участвовать в данной работе.

С целью повышения самооценки участников проекта УТС МАИ 2024 были разработаны и опробованы следующие формы работы: составление словаря и базового разговорника по деловой коммуникации в рамках научного проекта самолета, проведение круглого стола на тему «Твой самолет – твои правила», онлайн дискуссия по темам «My 5 steps to become the best world aerospace engineer», «Let’s develop your career plan», «Read and learn aviation materials without problems», «You are the best speaker in the world», обучающие игры мини формата «Get a job in 3 steps», «Sell your aircraft best of all», «You're the best aviation designer in the dorm».

По завершении работы был проведен повторный опрос участников проекта на базе тех же вопросов. Анализ анкетирования показал значительное увеличение самооценки по показателю потенциального участия в презентациях собственного проекта на ИЯ (72% против 33%), небольшой рост показателей в разделе «Деловое общение» (38% против 17%) и средний рост в категории «Работа с документацией на ИЯ» (90% против 68%). Результаты изменения самооценки показаны на рисунке 3.

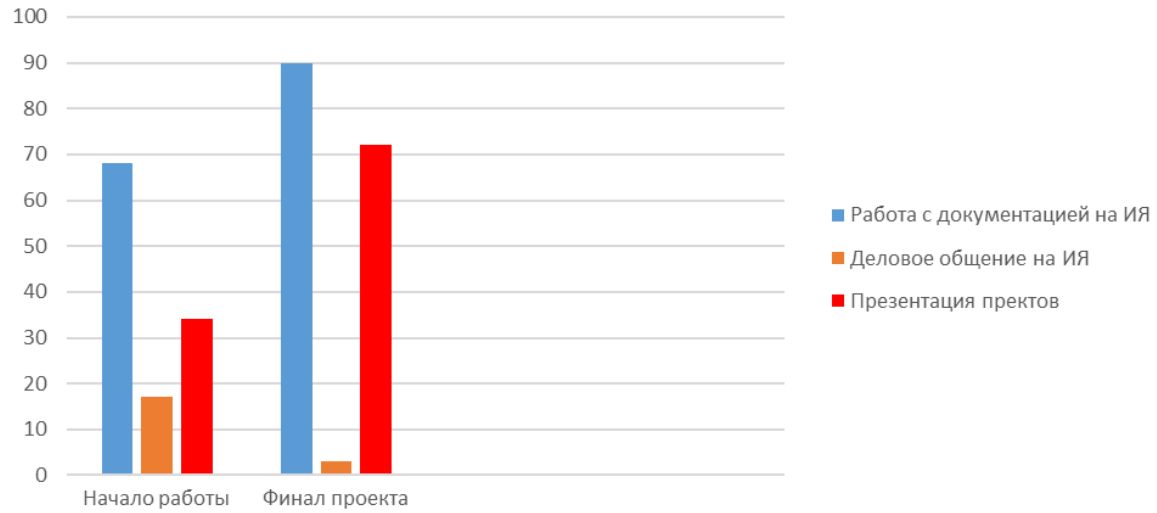


Рис. 3. Развитие самооценки участников команды в процессе интеграции ИЯ в проектную работу (данные показаны в процентах)

Данные диаграммы 4 показывают, что интеграция ИЯ в аэрокосмические проекты и развитие коммуникативных компетенций студентов инженеров наиболее востребованы в аспектах «Деловое общение на ИЯ» и «Презентация своего авиационного проекта на ИЯ» для профессионального взаимодействия на международном уровне.

По результатам проведенного исследования предложенная гипотеза верна.

Сделаны следующие выводы:

1. Сегодня работодателю в аэрокосмической сфере нужны не только инженеры с высоким уровнем технических знаний, но и специалисты, обладающие развитыми коммуникативными

компетенциями и способностью эффективно взаимодействовать в интернациональных проектах на ИЯ. В условиях современной перестройки рынка труда особенно ценится умение подавать свои идеи на языке международного общения, что способствует успешной интеграции инженеров аэрокосмического профиля в многонациональные команды. Поэтому важность подготовки таких конкурентоспособных молодых специалистов в аэрокосмических вузах, где акцент делается на интеграцию ИЯ в образовательный процесс, становится критически актуальной для удовлетворения современных запросов работодателей и для профессионального становления будущего инженера.

2. Использование собранных авторами исследования ресурсов лингвистической направленности на ИЯ по теме УТС МАИ 2024 (банк ссылок на интернет сайты электронного словаря-глоссария, копилки речевых клише и разговорных конструкций для делового общения при работе над инженерным проектом, список сайтов авиационной направленности на ИЯ по разработке тренировочных самолетов) для студентов инженерных специальностей облегчит работу с авиационной документацией и улучшит интерпретацию иноязычной технической литературы, а также поможет формировать профессиональные технические умения (чтение чертежей, обработку данных по проектам, перевод узкоспециальных аутентичных текстов).

3. Собранные данные на основе проведенного анкетирования тематики «Экономический и социальный аспекты интеграции ИЯ в инженерные проекты» позволили выяснить, что студенты аэрокосмических кафедр осознают важность владения ИЯ как для развития карьеры, так и для получения более высокой зарплаты. Полученные в ходе опросов результаты показали, что наиболее проблемными являются аспекты «Деловое общения на ИЯ», «Презентация собственного проекта на ИЯ», «Свободная коммуникация на ИЯ как в профессии, так и в личном пространстве». Проведенные мероприятия способствовали развитию навыков деловой коммуникации, овладению навыками повышения социального статуса в профессии.

4. По результатам анкетирования студентов авиационного профиля обучения выявлены проблемные моменты формирования самооценки в связи с недостаточным уровнем знания ИЯ специальности. На базе анализа запросов респондентов разработаны и проведены круглые столы, обучающие игры мини формата с целью поднятия самооценки в аспекте интеграции ИЯ в инженерные проекты. Доказано, что ИЯ специальности не только способствует развитию универсальных компетенций будущих инженеров, улучшая критическое мышление, облегчая коммуникацию в профессии с иностранными партнерами, но и помогает формировать у студентов стойкую гражданскую позицию, повышая самооценку профессионала аэрокосмической отрасли, способного определить, реализовывать и отстаивать свои приоритеты на благо Родины.

Список использованных источников

1. Гончарова Л.А., Домарацкая М.П. Основные характеристики интегративного подхода в обучении иностранному языку в техническом вузе // Вестник ТГПУ. – 2024. – №. 2 (232). – С. 121–128.
2. Грамма Д.В. Формирование мотивации к изучению иностранного языка студентов неязыковых специальностей // Современное педагогическое образование. – 2023. – №. 8. – С. 39–44.
3. Дёмина О.А., Веселова С.А. Инженерное образование на основе междисциплинарного подхода – ключ к профессиональному успеху // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2023. – №. 9–1 (84). – С. 75–79.
4. Чувашова А.Д. Профессиональный английский для студентов инженерных специальностей: актуальность и важность курса // Вестник ЮУрГУ. Серия: Образование. Педагогические науки. – 2018. – №. 4. – С. 87–98.
5. Valero M. Challenges, difficulties and barriers for engineering higher education. // Journal of Technology and Science Education. – 2022. – Vol.12. – Pp. 551–556.
6. Sebastião L., Tirapicos F., Carreira R.P., Rebelo H. Skill Profiles for Employability: (Mis)Understandings between Higher Education Institutions and Employers. // Education Sciences. – 2023. – Vol. 3. – Iss. 9. – Pp. 1–13.

УДК 332.1, 378.14

УПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЕМ ОБРАЗОВАНИЯ

Шерстнева А. (студент, СпбГУТ)
e-mail: shers7neva@gmail.com

Развитие любой системы, компании или бизнеса требует целенаправленного управления функциями, которые они выполняют. Образовательные системы также являются системами, подпадающими под концепцию ESG. Управление развитием образовательного процесса предполагает смешение задействованных человеческих и материальных ресурсов. В статье предлагается практико-ориентированная методика такого объединения. Предлагаются приемы контроля и управления за стратегическим развитием образовательного учреждения путем реализации доступных ресурсов. Делается акцент на присутствии информационной открытости и максимальной открытости при управлении образованием.

Ключевые слова: *образование; управление; навык; компетенция; предпринимательство.*

Постановка проблемы

В условиях трансформации экономики с целью интеграции ESG концепции роль университета возрастает. Компетенции, которые приобретают студенты, становятся как никогда важны для современного рынка труда. В этих условиях университет берет на себя дополнительную функцию по приобретению современных и требуемых в текущей экономической ситуации навыков управления для специалистов. Образование как бизнес-проект в широком смысле, включает как образовательные программы, так и приобретаемые компетенции, что непосредственно оказывает влияние на управленческие принципы ведения бизнеса [1–3].

Рабочий процесс должен представлять собой активность в мышлении, чувстве своего предназначения и действии, а не бесцельное пребывание на обочине рабочего процесса.

Установление комплекса требуемых навыков – ключевая задача, решением которой является формирование мышления, способствующего адекватному реагированию на разные рабочие ситуации, а также выработке конкретного поведения.

Результаты исследования

Общая модель обучения предпринимательству представлена на рисунке и представляет собой взаимодействие онтологического и образовательного уровней. В опорной концепции образовательный уровень представлен пятью вопросами, которые опираются на конкретные параметры, необходимые при разработке рабочих программ дисциплин. Таким образом, при планировании нового курса, следует разобрать не только содержание и цели дисциплины, но также иметь представление о целевой аудитории, методах достижения результатов и планируемых итогах курса.

На уровне базовых ступеней обучения преподаватели влияют не столько на цели обучения, сколько на методы. Поэтому разделить содержание курса и методы обучения является важным аспектом в построении опорной концепции. На первоначальных этапах получения образования разделение этих переменных позволяет уточнить оценку различных подходов к обучению предпринимательству и определить различия и сходства между образовательными подходами.

В фонде оценочных средств рабочих программ дисциплин необходимо предусмотреть как выбор подходящей тематики для выделенных направлений, так и оценивать и расширять полученные навыки и опыт работы в целом.

За последние десятилетия роль концептуальных знаний и опыта применительно к созданию бизнес-продукта заметно возросла. Исследования, направленные на понимание мотивации сотрудников и увеличения эффективности производства предлагают спросить у заинтересованных сторон о том, кто они. Самоэффективность как фактор личного развития, а также использование концептуальных знаний позволяет успешно вести бизнес-сотрудничество. Собственность на проект прямо влияет на степень вовлеченности – энтузиазм и мотивацию, без которых развитие технологического бизнеса не представляется возможным.

Это имеет влияние на процесс обучения и эмоциональную связь со своими венчурными проектами, поскольку затрудняет дистанцирование сотрудника от бизнес-идеи и рассмотрение с точки зрения наемного сотрудника, а не предпринимателя-владельца.

Рисунок. Концептуальная модель по уровням обучения предпринимательству

Список использованных источников

1. Sherstneva A.A. Entrepreneurial self-efficacy as a tool for ESG formation // V International Scientific and Practical Conference «Scientific Research of Contemporary Problems of Russian Development». – St. Petersburg State Economic University, St. Petersburg, 2024. – Pp. 122–125.
2. Sherstneva A.A. Model for organizing project management in the ESG structure // V International Scientific and Practical Conference «Entrepreneurship and Innovation in the Markets of the Asia-Pacific Region-2023». – FEFU, Vladivostok, 2023. – P. 20.
3. Elahe Hosseini, Mohammad Nurul Hasan Reza, Muhammad Mohiuddin, Slimane Ed-Dafali, Taufiq Choudhry. Entrepreneurship New Insights, 2023. – P. 262.

Междисциплинарные исследования: наука и технологии для человека

УДК 007.01

ЖЕНСКИЙ ГОЛОС КАК ОСНОВНОЙ ЭЛЕМЕНТ ЭСТЕТИКИ ПОСТГУМАНИЗМА В ЭЛЕКТРОАКУСТИЧЕСКОЙ МУЗЫКЕ

Меркушева А.В. (студент, СПбГУ), **Цуканова А.В.** (студент, Университет ИТМО)

e-mail: anastasytsu@yandex.ru

В работе рассматриваются две основные художественные концепции постгуманизма – киборгизация и виртуализация человека в контексте современных электроакустических композиций. Примером киборгизации выступают расширенные вокальные техники, которые представлены главным образом композиторами-женщинами. Виртуализация ярко выражается в серии аудиовизуальных работ, где главными героями, в частности, являются женские персонажи. Доклад апеллирует к философским, публицистическим, научным материалам и музыкальным работам, посвященным проблеме саморепрезентации человека с помощью новых технологий, а также к дискурсам постгуманизма и киберфеминизма и их проявлению в современном искусстве.

Ключевые слова: *киборгизация, виртуализация, расширенные вокальные техники, расширенный голос, эстетика постгуманизма, искусственный интеллект, киберфеминизм.*

Концепция постгуманизма рассматривается как зонтичный термин, объединяющий широкий спектр теоретических и практических исследований, социальных движений и институциональных практик, способствующих формированию образа постгуманизированного мира. Отражающие постгуманистический подход области человеческой деятельности включают в себя теоретические дисциплины (постгуманистические исследования), художественные направления, духовные практики (неогуманизм, глубинная экология), социальные течения (трансгуманизм), субкультуры (гейминг, бодимодификации, косплей), а также научные и коммерческие разработки (биоинженерная фармацевтика, робототехника, IT). Кроме того, к ним относятся произведения научной фантастики (киберпанк) и законодательные инициативы, касающиеся прав животных и эмбрионов, а также стратегия развития «Общество 5.0» [3]. Важнейшей идеей постгуманизма является сомнение в традиционном антропоцентрическом подходе, а также исследование взаимосвязей между организмами и сложными системами с целью разрушения иерархий и границ между людьми и нечеловеческими агентами.

Постгуманистическая теория утверждает, что технологический прогресс, среди прочего, способствует выявлению нечеловеческих аспектов в самой человеческой природе. Таким образом, в области звука образ постчеловека реализуется, в первую очередь, через электронные модификации человеческого голоса, которые уподобляют его голосу робота, киборга или ИИ-ассистента. В этом ракурсе голос – который представлен непосредственно звуком (биологически обусловленным работой голосовых складок, тембром), речью, через которую он реализуется, а также различными невербальными вокализациями – рассматривается изначально как одна из уникальнейших характеристик человека: это инструмент звуковой самоидентификации и осознания себя как субъекта, инструмент, который поддается контролю своего носителя и благодаря этому воспринимается принадлежащим конкретному индивиду. Однако, претерпевая различные модификации, «технологизируясь», голос может отделяться от своего носителя как от источника производства, привнося своим звучанием новые смыслы и «расширенное» понимание в восприятие человеческой природы как в музыке, так и в повседневной жизни.

Ряд исследований показывает, что в формировании постгуманистической эстетики важную роль играет именно женский голос. Так, например, по словам профессора Карла

Макдормана (Karl MacDorman), женский голос часто является приоритетным выбором для искусственного интеллекта и голосовых помощников, таких как Alexa или Siri, причем как сознательно, так и бессознательно со стороны пользователей и мужского, и женского пола [11]. Кроме того, в сфере бизнеса для поддержания нейтрального коммерческого тона и благоприятного влияния на клиентов компании чаще выбирают женские голоса, в то время как мужские обычно расцениваются как слишком властные и авторитарные. Также женский голос чаще всего используется в городских пространствах Англии и Америки в качестве инструмента управления толпой и мягкого принуждения, согласно британскому философу Нине Пауэр (Nina Power) [14].

Эта тенденция может быть обнаружена и в современном музыкальном искусстве: сюжеты о виртуальном пространстве в основном «озвучиваются» женскими голосами – как и все нечеловеческое, связанное либо с видовым разнообразием планеты, либо с неземными формами жизни. Так, на Западе в последнее время становится известной практика «расширенного голоса», которая подвергает сомнению значение языка, а также «разрушает» гендерную основу и «антропофонный» образ; к этой практике в основном прибегают женщины-композиторы. Некоторые композиторы активно используют искусственный интеллект в качестве средства и основы для создания художественных образов. Например, Яннис Кириакидес (Yannis Kyriakides) обращается к истории первой программистки – Ады Лавлейс и создает в своей опере *Ask Ada* ее воплощение в ИИ с помощью цифровой постобработки голоса солистки, а в перформативной пьесе *Anima* композитор Александр Шуберт (Alexander Schubert) использует нейронную сеть, чтобы «озвучить» своих персонажей, главный из которых приобретает именно женское звучание. Таким образом, можно обнаружить немало примеров, указывающих на значительную роль женского голоса в формировании постгуманистической эстетики в современной электроакустической практике.

Расширенные вокальные техники

Сложно поспорить с тем, что новые технологии оказывают сильнейшее влияние на мышление людей. Исследователь концептуального и информационного искусства Стивен Уилсон (Stephen Wilson) полагает, что они способны «пробуждать призрак технологизации тела и предлагать доступ к ранее неисследованным областям, таким как загробная жизнь и бессознательное» [17]. В свете рассматриваемого в данной статье феномена любопытно, как именно инновации становятся объектом исследования художников, которые в процессе поиска культурного значения этих инноваций не только продвигают их, но и изобретают для них новые технические дополнения. Такими технологиями в свое время стали, например, звукозапись и радио. Их специфика способствовала расширению представления о феномене «развоплощения» (*disembodiment*), так как позволяла голосу отделяться от своего носителя и воспроизводиться дистантно в пространстве и времени. «Развоплощение» можно назвать базовым феноменом и современных вокальных произведений (в частности таких, где используется микрофон и динамические системы), так как это явление позволяет описывать состояние, при котором исходящий звук не соответствует воспроизводящему его источнику [16]. Особенно это характерно для тех сочинений, где голос перестает быть похожим на человеческий, хотя принадлежит непосредственно человеку; это как раз свойственно расширенным вокальным техникам.

К расширенным вокальным техникам (*extended vocal techniques*) принято относить все ненормативные вокальные звуки, которые достигаются такими приемами, как крик, рычание, свист, обертонное пение, йодль и т. д. Эти техники формировались на протяжении всего XX века; к ним обращались Арнольд Шенберг, Лучано Берио, Джон Кейдж, Джордж Крам, Дьердь Лигети, Джачинто Шельси и др. Однако их специфика и значение в постгуманистической эстетике лучше всего раскрывается через фигуру американской исполнительницы и композитора Джоан Ла Барбары (Joan La Barbara).

Ла Барбара получила классическое вокальное образование, а исследованием возможностей человеческого голоса занялась в 70-х годах, когда композиторы стали активно интересоваться экспериментальными вокальными приемами [6]. Она была одной из первых,

кто обратился к телесности звука, показав, что голос напрямую зависит от тела, которое его воспроизводит, отказавшись от стилей и жанров пения (каждый из которых требует определенного позиционирования звука) [6]. Хайнер Гёббельс (Heiner Goebbels), немецкий режиссер и композитор, по этой же причине (ощущение телесности звука) предпочитает работать с необычными, а не с «академически вышколенными» голосами, так как у последних стирается индивидуальность и происходит отказ от личного ради арсенала выразительных средств академического вокала, который считается нормой в аспектах тембра, звукоизвлечения и артикуляции [2]. Однако, несмотря на то что расширенные техники помогают раскрыть индивидуальность голоса, они в то же время способствуют тому, что этот голос в привычном понимании звучит для нас незнакомо.

Например, в фундаментальном сочинении Ла Барбары *Voice piece* (1974) можно услышать «физическую сущность» исполнителя (работу гортани и губ), но индексальные аспекты голоса, которые содержат такую информацию, как пол, региональное происхождение, возраст, состояние физического или психического здоровья, настроение или социальный статус, будут скрыты [6]. Этот эффект будет усилен в практике «расширенного голоса», которая является следующей ступенью развития расширенных вокальных техник.

Для многих слушателей, особенно того времени, использование расширенных техник ассоциировалось с чем-то грубым и неприемлемым. Гёббельс в своей работе «Эстетика отсутствия» указывает на то, что применение экспериментальных техник часто сопровождается «излишней внешней выразительностью», которая ассоциируется «с изуродованными телами и монструозной эмоциональностью», что заставило режиссеров в современных постановках использовать их только для показа «истерики», «безумия» или «тяжелого отчаяния», чтобы психологически оправдать эти приемы в глазах публики [2].

Джоан Ла Барбара намеренно использовала коннотации чудовищного и маргинального, озвучивая обширный ландшафт земного и неземного: например, различных птиц в *Les Oiseaux qui chantent dans ma tête* («Птицы, поющие в моей голове») (1976), или историю четырех персонифицированных зверей в *Quatre petites bêtes* («Четыре маленьких зверя») (1979), или *October music: Star showers and extraterrestrials* («Октябрьская музыка: Звездные дожди и инопланетяне») (1980). Также ее вокальные импровизации можно услышать в кино. Так, в фильме «Свидание с ангелом» (реж. Том Маклафлин, 1987) она озвучивает неземные птичьи крики, а в «Чужой: Воскрешение» (реж. Жан-Пьер Жене, 1997) – новорожденного Чужого.

Гелси Белл (Gelsey Bell), независимая исследовательница и исполнительница, также работающая с расширенными вокальными техниками, пишет, что «нечеловеческое» звучание Ла Барбары могло бы считаться в том числе и постгуманистическим, если воспринимать постгуманизм именно как набор идей, направленный на построение мышления, где люди не отделяются от животных, где человек не является исключительном существом [6]. Тогда творчество певицы, маркированное как «чудовищное или монструозное», предлагает новое звуковое пространство, где голос и язык не будут восприниматься как то, что отличает человеческих существ от всего остального мира.

Тема языка животных и птиц нашла свое воплощение также и в творчестве других исполнительниц, практикующих расширенные вокальные техники: например, у японской певицы Ами Йошида (Ami Yoshida) есть альбом песен *Tiger Thrush* («Тигровый Дрозд»), а у американской медиахудожницы Памелы Зи *(Pamela Z)* – пьеса *Syrinx* (сиринкс – это голосовой орган птиц).

Отдельный интерес представляет работа с лингвистическим содержанием. В основном все представительницы расширенных практик используют невербальные средства. Некоторые исследователи полагают, что в этом проявляется культурно обусловленная связь женского начала с эмоциями, телом и бессилием, в то время как мужское начало ассоциируется с разумом, языком и силой. Также в электроакустических музыкальных кругах было типично партнерство мужчины-композитора и женщины-певицы, откуда берет начало стереотип, что женский мир сосредоточен на теле и звуке, а мужской отвечает за технологии электронной музыки, инновации и власть [7]. Здесь интересно отметить, что исследователи называют

работу практиков «расширенного голоса» с вокодером особенно подрывной, поскольку он разрушает традиционное представление о гендере, а гендер является основным генератором смысла при прослушивании голоса [16].

Ла Барбара, в свою очередь, действительно почти не использует язык, пытаясь достичь того состояния, когда можно передать чувство или эмоцию, используя лишь абстрактный звук [6]. Более того, в своей исполнительской практике она отвергает аналитический подход: для более эффективного использования своих эмоциональных реакций в вокальном исполнении она предпочитает избегать осознания определенных аспектов, таких как механика воспроизведения звуков, а в своих педагогических методах она применяет техники имитации звуков из животного мира, включая лай собак и щебетание птиц.

Новые свойства голос получил в практике «расширенного голоса». Использование микрофонов, микшерных пультов, синтезаторов, вокодеров и специального ПО вроде Max MSP позволило еще дальше увести его от привычного звучания и дало возможность по-новому взаимодействовать с пространством и трансформироваться в реальном времени. Данная практика предполагает, что композитор участвует во всех этапах актуализации произведения: он так же является и вокалистом, и технологом. Исполнители, работающие в данной технике, могут применять большое количество стилистических подходов, которые преследуют одну эстетическую цель – создание диалога между человеческим голосом и электроникой [16].

Так, например, Памела Зи в своих интервью говорит о том, что хочет добиться максимально органичного сочетания своего вокала с технологиями, как если бы человек мог в звуковом пространстве стать одним целым с машиной. Она считается пионером в области цифровых методов «зацикливания» *(looping)* звука в реальном времени. Ее стиль складывается из сочетания расширенных вокальных техник, оперного бельканто, джазового вокала и устной речи, а также семплов и звуков, сгенерированных с помощью ее голоса. Она создает плотные и сложные звуковые слои, используя для этого такие программы, как Max MSP и Isadora вместе с MIDI-контроллерами, которые позволяют ей манипулировать звуком и изображением с помощью жестов (рис. 1).

Рис. 1. Памела Зи с миди-контроллером, который позволяет регулировать работу со звуком с помощью жестов

Эстетика киборгизации и киберфеминизм

Метафоры, используемые для описания практики «расширенного голоса», органичны идеям транс- и постгуманизма. Так, Кристина Уоррен (Kristina Warren), исследовательница и практик техники «расширенного голоса», в своей диссертационной работе описывает собственный опыт взаимодействия с электроникой и определяет техническое оборудование как «протез вокального тела», так как он расширяет спектр физических (т.е. акустических) возможностей композитора-исполнителя. В этом смысле звук, который инициируется

совместной работой вокала и электронных технологий, квалифицируется как целое новое «тело киборга» [16]. Подобно киборгу с механическими частями, интегрированными в человеческое тело, это подразумевает электронные комбинации, добавленные к изначально акустическому звуку. Такая технология позволяет исполнителям расширить свободу действий и бросить вызов пределам своего физического тела. Таким образом, каждая композиция исследует тембр и жанр, размывая границу между человеческим телом и «звуковым телом киборга». Например, в работах Памелы Зи, Майи С.К. Ратче (Maja S.K. Ratkje) или Стайн Джанвин (Stine Janvin), можно столкнуться с трудностью определения, где звучит живой голос, где звучит голос в записи, а где – его электронная модификация. Такое представление о синтезе «живого» и технологического восходит к идее киборга, которого Донна Харауэй определила как гибрид машины и организма, существующий как в реальности, так и в вымысле.

В культовом эссе «Манифест киборгов» (1985) Донна Харауэй использует образ киборга, чтобы показать сложность современного опыта, который открывает новые возможности для феминистской борьбы и переосмысления вопросов идентичности в постчеловеческую эпоху. Харауэй утверждает, что технологии способны бросить вызов традиционным бинарным оппозициям, таким, например, как мужское и женское или природное и технологичное. Она выдвигает тезис о том, что женщинам необходимо стать более технологически подкованными, чтобы иметь возможность взаимодействовать с «информатикой господства» и противостоять сложным социальным и иерархическим системам [4].

На эстетику киборгизации в музыке во многом повлияли идеи киберфеминизма. Термин «киберфеминизм» впервые был использован в 90-х годах в Австралии арт-коллективом *Venus Matrix* и в Англии – культурным критиком и философом Сэди Плант (Sadie Plant). В своей книге «Нули и Единицы» Плант устанавливает связь между теориями о женской неполноценности и компенсации и историей технологий, исследуя отношения между женщинами и машинами. Эти отношения затрагивают вопросы идентичности, технологий и тела, являющиеся для киберфеминизма ключевыми.

Книга Плант начинается с повествования о работе Ады Лавлейс над аналитической машиной Чарльза Бэббиджа – первоначальной концепцией цифровой программируемой вычислительной машины. Плант утверждает, что, скорректировав многие ошибки Бэббиджа, Лавлейс представила результат своей работы, который оказался гораздо более влиятельным и в три раза более объемным, чем тот текст, к которому он должен был стать всего лишь приложением, технически сделав его первым примером того, что позже было названо компьютерным программированием [13].

Такое взаимодействие между женщинами и машинами вписывается в широко транслируемую в обществе идею трансгуманизма: преодоление слабостей и смертности человеческого тела. Так, например, адептами трансгуманизма провозглашается теория о том, что в будущем постобщество будет полностью состоять из искусственных существ, основанных на ИИ, и некоторые находят определенную привлекательность в возможности отказаться от своего тела и существовать в качестве «информационных структур» [1].

Художественным воплощением данной идеи можно назвать оперу Янниса Кириакидеса *Ask Ada* (2021), которая была посвящена Аде Лавлейс, и сюжет которой построен на биографии и значении ее фигуры в области вычислительной техники. Ада, создавшая первый в истории компьютерный алгоритм, предвосхитила эру искусственного интеллекта и его влияние на нашу жизнь более, чем за столетие, поэтому Кириакидес счел лучшим решением для своего произведения «воссоздать» ИИ Ады (рис. 2).

В либретто оперы включена переписка Лавлейс и Бэббиджа, а также тезисы, отражающие интуицию Ады и ее видение того, куда его машина может привести человечество. Либреттист Теодора Делаво (Theodora Delavault) делает акцент на том, что неизвестно доподлинно, кому сейчас принадлежит ведущая роль: любая реальная сила, исходящая от политиков, художников или ученых, управляется компьютерами и алгоритмами; иногда алгоритм, кажется, знает больше, чем его изобретатель, а результаты часто приводят к бесчеловечным последствиям [9].

Рис. 2. Изображение искусственного интеллекта «Ада» в опере Я. Кириакидеса Ask Ada

В то же время это повествование о девушке, которая хотела признания наравне с ее отцом – Байроном: она последовательно и с усердием добивалась успехов в математике, однако должна была анонимно совершать покупки геометрических моделей и книг, а также скрывать свою рабочую тетрадь, испытывая при этом вину за то, что не уделяет должного внимания мужу и детям [9]. Для нее мир чисел представлялся более постоянным, чем человеческие чувства, – отсюда, возможно, и желание Ады увековечить себя в цифрах.

Постановка состоит из 36 частей (по количеству прожитых Адой лет и строк в ее алгоритме). С помощью этого алгоритма Кириакидес построил также гармоническую и ритмическую основу произведения, что можно услышать в сменяющихся синтезаторных паттернах во всех частях постановки (такой алгоритмический подход к написанию композиции также свойствен эстетике трансгуманизма). Драматургия построена вокруг биографии, творческого и научного наследия Ады и поделена на блоки, за каждым из которых закреплена не только своя тема, но и свой голос.

Так, главы из блока *Remembering* посвящены воспоминаниям Ады о жизни и обществе XIX века, в них голос Ады воплощается естественным образом. *After life* повествует о наследии новаторской работы Ады в области вычислительной техники; здесь голос, благодаря вокодеру, приобретает синтетический характер, а также вступает в диалог и порой полностью замещается текстовыми комментариями на экране. В главах *Fare thee well* одноименная поэма Байрона зачитывается голосами, будто сгенерированными нейронной сетью. В *Dear Babbage* и *Note G* представлена переписка Ады с Чарльзом Бэббиджем, а в главах *Uchronia* раскрывается сила интуиции Ады относительно будущих технологий. Описание возможного антиутопического будущего из-за влияния искусственного интеллекта на нашу жизнь передается с помощью голосов дирижера и музыкантов [5].

Киберфеминистки поставили под сомнение не только идентичность, но и телесность как ее незыблемую основу. Так, в 1995 году австралийская междисциплинарная художница Линда Демент (Linda Dement) представила работу под названием *Cyberflesh Girlmonster*, для которой она просканировала тела тридцати женщин и записала их звуки. Эти данные были использованы для создания компьютерной интерактивной работы, представляющей собой макабрическое и вместе с тем комическое изображение чудовищной женственности, манифестирующей месть и желание. Таким образом, вместо того чтобы рассматривать тело

как единое целое, работа исследует множественность и случайность телесных проявлений, собирая и разбирая их на различные дискурсы [10].

Еще один пример развоплощения – это *ORBIT – A WAR SERIES* (2023), пространственная оратория для ИИ-голосовых клонов и электроники немецкого композитора Бригитты Мунтендорф (Brigitta Muntendorf). В 3D-аудиопространстве развоплощенные голоса рассказывают о войнах и борьбе за власть, которые велись против женского тела на протяжении тысячелетий. Используя синтез звука и искусственный интеллект, а также живые женские голоса, это звучание воплощает бессмертных женщин-бойцов в качестве постчеловеческих рассказчиков [12].

Эстетика виртуализации

Другая эстетическая концепция постгуманизма – это виртуализация человека. Она ярко выражается в размывании границ между цифровым и реальным, получая отражение в термине «постцифровое» (*postdigital*). По словам немецкого композитора Александра Шуберта, «манипуляции с образами тела стали частью повседневной жизни. <...> Серия аудиовизуальных произведений подхватывает эту тенденцию и воспроизводит интерфейсы интернет-платформ» [15]. Так, например, в аудиовизуальном произведении *#AsPresentAsPossible TWO* (2019) Бригитта Мунтендорф исследует вопрос самопрезентации в виртуальной реальности и заставляет зрителя задуматься о том, являются ли ее героини, выступающие на сцене, реальными людьми или цифровыми аватарами (рис. 3).

Рис. 3. Кадр из записи #AsPresentAsPossible TWO Бригитты Мунтендорф

Продолжая тему искусственного интеллекта, а также виртуализации, нельзя не сказать об *Anima* (2022) – перформативной пьесе немецкого композитора Александра Шуберта для семи исполнителей, видео и света.

Anima^{TM} – это экспериментальный институт, который использует ИИ, чтобы подвергнуть сомнению традиционное, конструктивистское восприятие. Его работа основана на предположении, что личность и мышление человека представляют собой модель, которую можно подвергать различным изменениям, поэтому в данном пространстве дополненной реальности моделируются и модифицируются различные моменты жизни людей. Переосмыслению подвергаются и телесное, и духовное: субъект вовлечен во взаимодействие с вариациями самого себя в разных пространственных и временных контекстах. Главная героиня действа в этом «храме трансцендентности» остается анонимной. Единственное, что относительно «персонифицировано» в этом персонаже, – это ее голос.

Рис. 4. Заключительная сцена постановки Anima Александра Шуберта

Что касается голосов в пьесе в целом, то исполнители на сцене работают с клик-треком. Это означает, что все заранее записано. В результате у исполнителей ограничены возможности для экспрессии, поскольку они могут лишь артикулировать свои партии. Так, в одной из сцен персонаж активно артикулирует, но это создает диссонанс с ровностью и безэмоциональностью звучания его роботизированного голоса. Такой подход соотносится с концепцией «тела без органов» Антонена Арто (Antonin Artaud) – состоянием, при котором в данном случае голос и тело разъединены. Отсюда возникает ощущение диссоциации, несоответствия, но в то же время – и пространство для свободы и «пересборки».

Лишенные индивидуальных черт, такие голоса, тем не менее, прочно сохраняют речевую функцию как, пожалуй, решающую для данного сочинения, но примечательно, что и текст партий был сгенерирован и зачитан с помощью ИИ. Таким образом, получается, что и эстетически, и технически все сочинение является своего рода симуляцией. Особенно это становится заметно в финале, где героиня пытается определить себя в пространстве, преодолевая «речевой сбой». Ее внутреннее «Я» пытается сломать систему, построенную программой, выйти за границы прожитого внутри этого пространства опыта, заявив “Here I am” (рис. 4).

Голос как аспект человеческой телесности и субъектности претерпевает изменения в связи с технологическим прогрессом и соответствующей ему трансформацией мышления. В рассмотренных выше сочинениях именно голос и технические приемы, преобразующие его, становятся проводником к эстетике постгуманизма. Такие сочинения предлагают пережить новый слуховой и визуальный опыт, что ассоциируется с постгуманистическим подходом, направленным на то, чтобы деконструировать понятие человека и переосмыслить его роль в социокультурном пространстве. Любопытным становится то, какое место в формировании постгуманистического мира занимает женская репрезентация – в лице женщин-композиторов, исполнительниц и женских персонажей, – что более всего отражается в технике «расширенного голоса», а также в эстетике виртуализации и киборгизации. Важное влияние на это оказало, в том числе, и течение киберфеминизма, способствовавшее, в частности, развитию исследования телесности в музыкальном плане, что в результате нашло выражение через поиск новых способов репрезентации тела и эксперименты со слушательским восприятием. Всему этому созвучен тезис Рози Брайдотти о том, что феминисткая теория занимает значимое место в формировании постгуманистического мировоззрения, предлагая инклюзивность и разнообразие, что не может не находить отражение и в современном музыкальном искусстве [8].

Список использованных источников

1. Гагарин А.С., Новопашин С.А. Экзистенциальные аспекты концепции человечества // Гуманитарные исследования. – 2020. – №. 2(27). – С. 9–14.
2. Гёббельс Х. Эстетика отсутствия. Тексты о музыке и театре. — М.: Театр и его дневник, 2015. – 271 с.

3. Катерный И.В. Постгуманизм: критический анализ социальных и дискурсивных практик: диссерт. докт. соц. наук. – Мск., 2022. – 433 с.
4. Харауэй Д. Манифест киборгов: наука, технология и социалистический феминизм 1980-х. – Ad Marginem Press, 2017. – 128 с.
5. Ask Ada – Programme Note. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.kyriakides.com/ask-ada.html (дата обращения: 20.09.2023).
6. Bell G. Extended vocal technique and Joan La Barbara: The relational ethics of voice on the edge of intelligibility // Journal of Interdisciplinary Voice Studies. – 2016. – V. 1. – №. 2. – Pp. 143–159.
7. Bosma H.M. The electronic cry: Voice and gender in electroacoustic music. PhD thesis. Amsterdam School for Cultural Analysis (ASCA). 2013. – 284 p.
8. Braidotti R. The Posthuman. – Polity Press, 2013. – 237 p.
9. Brito D. Ask Ada – A multimedia opera. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://darienbrito.com/2021/06/15/ask-ada-a-multimedia-opera/ (дата обращения: 23.08.2024).
10. Linda Dement. Cyberflesh Girlmonster. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.lindadement.com/cyberflesh-girlmonster.htm (дата обращения: 12.08.2024).
11. MacDorman explores voice preferences for personal digital assistants. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://luddy.indianapolis.iu.edu/news/story/macdorman-voice-preferences-pda (дата обращения: 10.08.2024).
12. ORBIT – A War Series. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://brigitta-muntendorf.de/works/orbit-a-war-series/#foogallery-1311/i:1310 (дата обращения: 10.08.2024).
13. Plant S. Zeroes and Ones: Digital Women and the New Technoculture. – Doubleday, 1997. – 320 p.
14. Power N. Soft Coercion, the City and the Recorded Female Voice. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://mapmagazine.co.uk/soft-coercion-the-city-and-the-recorded-female-voice (дата обращения: 10.08.2024).
15. Schubert A. Switching Worlds. – Wolke Verlag, 2021. – 231 p.
16. Warren K. Show More/Show Less: Extended Voice, Technology, and Presence. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://doi.org/10.18130/V3KW8K (дата обращения: 18.10.2023).
17. Wilson S. Information Arts: Intersections of Art, Science, and Technology. – The MIT Press, 2003. – 970 p.

УДК 303.832.3

БАРЬЕРЫ И ВОЗМОЖНОСТИ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ. ОТ «ДВУХ КУЛЬТУР» ЧАРЛЬЗА СНОУ ДО НАСТОЯЩЕГО ВРЕМЕНИ

Потуданская М.О. (студент, Университет ИТМО)
Научный руководитель: заместитель директора Радченко М.О. (Университет ИТМО)
e-mail: potudanskayamar@mail.ru

В статье исследуются проблемы взаимодействия между гуманитарными и техническими представителями науки, описанные в тексте Ч. Сноу "Две культуры". Современные исследования показывают, что эти барьеры изменились и включают более сложные аспекты, препятствующие междисциплинарному взаимодействию. Статья предлагает критический анализ тезисов Ч. Сноу и рассматривает их в контексте современных проблем глобализации и интеграции науки.
Ключевые слова: *междисциплинарные взаимодействия, барьеры, гуманитарные науки, технические науки, ученые, исследования.*

Чарльз Сноу в своём эссе «The Two Cultures» [1] утверждал, что существует глубокий разрыв между двумя основными типами интеллектуальных сообществ — представителями гуманитарных и технических наук. Он описывает их как полярные группы, которые не понимают друг друга из-за различий в мировоззрении. Ч. Сноу отмечает, что этот разрыв препятствует решению ключевых глобальных проблем, требующих совместных усилий.

Ч. Сноу описывает существование «двух культур», которые не понимают методы и ценности друг друга. Автор пишет: «Среди художественной интеллигенции сложилось твердое мнение, что ученые не представляют себе реаль-ной жизни и поэтому им свойствен поверхностный опти-мизм. Ученые со своей стороны считают, что художественная интеллигенция лишена дара провидения, что она проявляет странное равнодушие к участи человечества, что ей чуждо все, имеющее отношение к разуму» [2]. По мнению автора обе группы не признают значимости другой и часто не видят ценности их вклада в решение различных задач общества.

Также Ч. Сноу писал о социальном разрыве, который считал особенно опасным, поскольку современные для 1959 года проблемы требуют коллективных усилий и междисциплинарного подхода. В переводе на русский Ю.С. Родман отмечено: «Наша неспособность к взаимопониманию угрожает всему, что мы могли бы сделать для улучшения человеческой жизни. Потребности мира столь велики, что мы не можем позволить себе роскошь сохранять этот разрыв между интеллектуальными культурами» [2].

В критический анализ «The Two Culpture» с учетом современных исследований входят такие параметры, как поставленный тезис о двух культурах, барьеры междисциплинарного сотрудничества, контекст времени написания статей, а также жанровое и стилистическое различие текстов.

1. Критика тезиса Ч. Сноу о «двух культурах».

В своей статье «Две культуры" автор подробно описывает термин полярности науки, делая акцент на разделении всех научных сфер, имеющихся на момент 1959 года. «Two polar groups: at one pole we have the literary intellectuals, who incidentally while no one was looking… At the other pole, the spread of attitudes is wider…But I believe the pole of total incomprehension of science radiates its influence on all the rest» [1]. Это высказывание можно отнести к тезису об абсолютном и критически значимом различии, которое в то же время является и барьером, между представителями разных сфер.

Современные исследователи критикуют саму идею существования только двух культур. В настоящее время наука гораздо более фрагментирована и имеет больше ответвлений в узкие направленности, соответственно, трудно свести все области исследований к двум полярным группам. Например, К.С. Cheruvelly говорит о том, что междисциплинарные взаимодействия между учеными в общих исследованиях способствуют продвижению открытий, повышению воспроизводимости, привлечению инвестиций, демократизации науки, развитию более инклюзивной науки и улучшению коммуникации между учеными, общественностью и

лицами, принимающими решения. А также показывают, что существуют более гибкие подходы к междисциплинарности, которые преодолевают жёсткое деление на технические и гуманитарные проекты [3]. Это высказывание полностью описывает решение проблемы о преодолении барьера между специалистами, описанного в «Двух культурах».

2. Барьеры междисциплинарного сотрудничества и новые исследования.

Современные исследования, такие как работа Stakanova Elena (2018) о барьерах междисциплинарных исследований в институциях, выявляют более сложные и системные препятствия, чем просто различие в мировоззрении и терминах. Эти барьеры включают:

- административные и институциональные ограничения: Финансирование исследований часто строго делится по дисциплинам, что затрудняет проведение междисциплинарных проектов;
- различие в методологиях: Ученые из различных дисциплин работают с разными типами данных и способами их интерпретации, что может осложнять сотрудничество;
- когнитивные барьеры: Ученые часто работают в рамках своих парадигм, что создает трудности при попытке адаптироваться к другим подходам, основанным на других мировоззренческих предпосылках. Несоизмеримость парадигм становится препятствием для коммуникации [4].

Исходя из исследования Stakanova Elena [4], возникает необходимость в более структурированной интеграции междисциплинарности на институциональном уровне, что в статье у Ч. Сноу упоминается только в общих фразах, например: «We have a culture which is split into two — literally two: on the one hand, the literary intellectuals, on the other, the scientists... This polarization is sheer loss to us all, and a danger, since those in the two cultures can't communicate» [1]. Здесь автор подчеркивает опасность разделения культур и указывает, что отсутствие взаимопонимания между ними является угрозой. Хотя он не предлагает конкретных решений на институциональном уровне.

3. Изменение контекста времени: глобализация и цифровизация.

Ч. Сноу писал в середине XX века, когда научные дисциплины находились в состоянии более глубокого разделения на специализации. Однако в XXI веке, с развитием глобализации и цифровизации, необходимость в междисциплинарности стала более важной. Современные проблемы, например изменение климата или цифровая трансформация, требуют участия специалистов как из технических, так и из гуманитарных дисциплин.

Так, в работах последних пяти лет, к примеру исследование Miles MacLeod [5] подчеркивает важность цифровых платформ и совместных исследовательских пространств, которые облегчают коммуникацию между специалистами. В их работе выделено: «Interdisciplinarity is thus a multidimensional and multi-scale phenomenon involving a rich interplay of established and novel scientific methodologies, expert and social cognition, disciplinary preferences and values, academic pecking orders and extra-academic pressures, historical relationships, and institutional and policy frameworks. Understanding how these interactions unfold does not seem to be based on strict regularities enabling reliable anticipation in advance, but rather requires empirical investigation that provides systematic ways of tracking various aspects of the process» [5]. Этот тезис демонстрирует, что в современных условиях разрыв можно преодолеть с помощью технологий и новых форм взаимодействия, которые часто появляются вне спланированных задач, но при этом ведут к более точному анализу и внесению общего вклада в проект.

В статье Ч. Сноу такой аспект не учитывался, более того, автор писал о полном отсутствии возможности “двум культурам” коммуницировать: «Создается впечатление, что для объединения двух культур вообще нет почвы…люди, принадлежащие к двум культурам, утратили способность общаться друг с другом» [2].

4. Жанровое и стилистическое различие по сравнению с современными исследованиями в области.

Материал Ч. Сноу написан в публицистическом жанре. Он предназначен для широкой аудитории, что делает выводы упрощенными в пользу доступности текста для широкой

аудитории. В статье Ч. Сноу присутствуют такие разговорные и простые выражения, например: «They are impoverished too — perhaps more seriously, because they are vainer about it» [1], что значит «они тоже обеднели — возможно еще больше, потому что тщеславны». Подобные выражения автор вводит в текст в качестве неформальной лексики, чтобы показать его критическое отношение к представителям гуманитарных наук.

В отличие от Ч. Сноу, современные исследователи барьеров междисциплинарности в науке пишут в академическом стиле с использованием специализированных терминов. Работы последних пяти лет чаще описывают эти барьеры через призму институциональных структур и терминов, таких как «несоизмеримость парадигм» и «демократизация науки». Например, такие термины используются в исследованиях Stakanova Elena (2018) или К.С. Cheruvelly (2018), посвященных методологическим различием в дисциплинах, осложняющим взаимодействие.

Таким образом, рассмотрение вопроса в современных работах отличается более строгим академическим жанром, попыткой минимизировать предвзятость и проявление эмоциональной позиции. Это контрастирует со стилем материала Ч. Сноу, где приоритетом были неформальная лексика и разрушение границ между читателем и автором. Взамен более глубокому анализу барьеров в междисциплинарных взаимодействиях Ч. Сноу отдает предпочтение упрощенному изложению, сделав упор на читателей широкой аудитории.

Работа Ч. Сноу (1959) стала основой для обсуждения разрыва между дисциплинами, но современные исследования выделяют гораздо более сложную структуру барьеров, которые включают институциональные и когнитивные факторы. При этом современные технологии и глобализация предоставляют новые возможности для преодоления этих препятствий через цифровые платформы, коммуникационные практики и совместные исследовательские пространства.

Список использованных источников

1. Snow C.P. Two cultures // Science. – 1959. – Т. 130. – №. 3373. – Pp. 419.
2. Сноу Ч.П. Две культуры. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://publ.lib.ru/PODVAL/RUS/S/%D1%ED%EE%F3,%20%D7%E0%F0%EB%FC%E7%20%CF%E5%F0%F1%E8/%D1%ED%EE%F3%20%D7.%CF._%20%C4%E2%E5%20%EA%F3%EB%FC%F2%F3%F0%FB.(1973).pdf (дата обращения: 20.06.2024).
3. Cheruvelil K.S., Soranno P.A. Data-Intensive Ecological Research Is Catalyzed by Open Science and Team Science // BioScience. 2018. – Vol. 68. – Iss. 10. – Pp. 813–822.
4. Stakanova E. Breaking down barriers to effective EFL communication: A look at sense-making techniques // International Journal of Cognitive Research in Science Engineering and Education. 6. – 2018. – Pp. 29–34. DOI: 10.5937/ijcrsee1803029S.
5. MacLeod M., Merz M., Mäki U., Nagatsu M. Investigating Interdisciplinary Practice: Methodological Challenges (Introduction) // Perspectives on Science. – 2019. – №. 27 (4). – Pp. 545–552.

УДК 616-079.1

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ И КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ В ДИАГНОСТИКЕ РАКА МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ

Пузикова С.В. (студент, Университет ИТМО)
Научный руководитель: к.б.н. Якимова А.О. (Медицинский радиологический научный центр им. А.Ф. Цыба – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России)
e-mail: puzikovasv1@gmail.com

Рак молочной железы является одним из самых распространенных видов рака среди женщин во всем мире. По данным Всемирной организации здравоохранения, он занимает лидирующие позиции по заболеваемости и смертности. Ранние стадии рака молочной железы могут не проявляться явными симптомами, что затрудняет его обнаружение. Маммография и ультразвуковое исследование являются основными методами скрининга, но их результаты могут быть субъективными и зависеть от опыта врача. Компьютерное зрение становится все более актуальным инструментом в диагностике рака молочной железы, позволяя автоматизировать анализ изображений, включить в алгоритмы генетические и клинические данные и снизить нагрузку на врачей.
Ключевые слова: *компьютерное зрение, глубокое обучение, рак молочной железы, маммография, ультразвуковое исследование, томосинтез, сверточные нейронные сети.*

Каждый год более 500 тысяч женщин по всему миру умирают от рака молочной железы. Данное заболевание по-прежнему остается одной из самых эпидемиологически распространенных причин смерти женщин от рака [1].

В разных странах скрининг на рак молочной железы с помощью ультразвукового скриннинга и маммографии проводится по-разному, при этом оценка полученных изображений может происходить во время ожидания пациентки, и любая дополнительная визуализация может быть выполнена во время последующего визита. В крупных скрининговых центрах результаты скрининговых обследований проверяются группами медицинских специалистов, через один-два дня после получения, и при обнаружении подозрительных результатов женщину необходимо уведомить [2]. В некоторых странах, например, в России, скрининг на рак молочной железы проводится в рамках государственной программы. В этом случае женщины определенного возраста, чаще всего от 50 до 70 лет, получают приглашение периодически проходить маммографический скрининг.

Одними из самых распространенных индикаторов злокачественных новообразований является присутствие кальцинатов и признаков роста опухоли. Кальцинаты представляют собой отложения солей кальция и считаются надежными маркерами рака молочной железы и предраковых состояний при маммографическом скрининге. Вместе с тем, данный подход имеет и ограничения. [3]. В частности, в связи с расположением или толщиной кальцинатов они оказываются вне поля зрения рентгенолога, что становится причиной ложноотрицательного результата. Еще одним индикатором злокачественности паталогического процесса является изменение самой опухоли. В этом случае особое значение для правильной интерпретации скрининговых маммограмм приобретает сравнение данных с предыдущими изображениями, что важно для повышения чувствительности и специфичности подхода в целом [4, 5]. Следует учитывать, что в обоих случаях интерпретация маммограмм носит субъективный характер, в связи с чем во многих скрининговых центрах полученные изображения рассматривают два рентгенолога, и каждый специалист решает самостоятельно, нужно ли пациентке дальнейшее обследование. Дополнительная диагностика может включать в себя визуализацию с помощью компьютерной маммографии, и томосинтеза, ультразвукового исследования и, в некоторых случаях, магнитно-резонансной томографии молочной железы с контрастированием. На основании этой дополнительной визуализации рентгенолог-интерпретатор принимает решение о необходимости биопсии. Окончательный диагноз ставится на основании патологического анализа образца, полученного при биопсии, который в этих случаях определяет, был ли результат, полученный на этапе скрининга,

истинным или ложноположительным. Получение истинного результата невозможно без правильной оценки исходной визуализации.

К сожалению, даже двойное считывание маммограммы не всегда гарантирует точный результат диагностики. Медицинские ошибки являются существенной причиной заболеваемости и смертности и указаны третьей по значимости причиной смерти от рака в Соединенных Штатах [6]. Изначальная интерпретация изображения может указывать на отсутствие опухоли или ее доброкачественность, особенно когда интерпретация снимков проводится без учета симптомов [7]. В этих случаях правильной постановке диагноза будет способствовать ретроспективный анализ мамограммы. Появление в ретроспективе злокачественного новообразования, которое не было диагностировано ранее, может быть следствием нескольких различных факторов, как технических, на которые невозможно повлиять до создания более точных скриннинговых систем, так и факторов, зависящих от рентгенолога – неопытность, когнитивные предубеждения, усталость при первичной оценке. В ходе интерпретации результатов специалисты должны оценивать не только само новообразование, но и учитывать плотность ткани груди, ее размер, асимметричность и возможные артефакты [8]. Хотя двойное считывание повышает уровень выявления рака при скрининге за счет минимизации ошибок, которые мог бы совершить один специалист, оно также затрачивает больше ресурсов на один снимок, что может снижать пропускную способность скринингового центра и приводить к удорожанию процедуры.

Особого внимания требует диагностика и лечение рака молочной железы у молодых женщин. Несмотря на то, что это заболевание встречается редко и плохо изучено у женщин моложе 40 лет, последние эпидемиологические данные показывают рост заболеваемости среди молодых женщин в развитых странах с прогнозом на дальнейшее ухудшение в долгосрочной перспективе. Для оптимального лечения рака молочной железы у молодых пациенток необходимо не только улучшить диагностические методы, но и учитывать возрастные особенности, а также генетические и клинические факторы. Это возможно благодаря интеграции данных из разных медицинских областей в алгоритмы глубокого обучения, что представляет собой сложную междисциплинарную задачу, требующую совместных усилий специалистов в сферах компьютерного зрения, машинного обучения и биомедицинских исследований [9]. В контексте рака молочной железы у человека машинное обучение может предоставить новые инструменты для улучшения диагностики, что принесет пользу в сфере биомедицины за счет снижения затрат и времени на интерпретацию мамограмм и ультразвуковых изображений рентгенологами. Исследования маммографических снимков компании «Цельс», взятых у женщин в медицинских центрах г. Ханты-Мансийска, г. Нижнего Новгорода и г. Тюмени, показали рост эффективности выявления злокачественных новообразований при интерпретации снимков искусственным интеллектом в шесть раз по сравнению с классической интерпретацией результатов врачом-рентгенологом [10]. Рак молочной железы был диагностирован у 1,2% пациенток в случае использования платформы искусственного интеллекта для интерпретации результатов, против 0,2% в случае классической интерпретации специалистом. При этом в 51,1% случаев, в которых злокачественные новообразования и неясные результаты не были выявлены искусственным интеллектом, это также подтвердилось рентгенологом, что исключило возможность ложноотрицательного результата. Это значит, что в последствии временной ресурс, затрачиваемый медицинским специалистом на интерпретацию снимков с отрицательным результатом, может быть сэкономлен.

Нейронные сети с глубоким обучением обрабатывают изображения через несколько последовательных слоев, использующих простые математические операции, такие как умножение, сложение и максимизация. Эти операции объединяют пространственно-коррелированную информацию, содержащуюся в изображениях. В процессе многоступенчатой обработки информация разбивается на различные представления, и анализ более абстрактных и упрощенных форм позволяет сети точно распознавать изображения.

Практический потенциал алгоритмов глубокого обучения заключается именно в способности самостоятельно определить характеристики изображения, указывающие на наличие повреждения и обучаться по мере добавления в систему новых снимков. В таком случае данные критериев оценивания не вводятся программистом, как это происходит в стандартных системах автоматизированного проектирования.

В своем исследовании И Ван и Ын Чжон Чхве показали успешную работу сверточной нейронной сети Inception-v3 для детекции злокачественных новообразований молочной железы на снимках, взятых после скриннинга 316 поражений, доброкачественных и злокачественных [11]. Они предложили данную технологию не как самостоятельную систему детекции, а как систему вторичной проверки снимков для повышения эффективности работы рентгенологов. Результаты их исследования показали, что производительность медицинских специалистов в четырех из пяти случаев значительно увеличилась. Несмотря на это, авторы указывают на необходимость дальнейшего развития нейросети для детекции клеток в монослое, а также на возможную проблему переноса полученной нейросети и данных и повторения результатов на другом устройствах. Согласно результатам исследования, для полноценного обучения нейросети необходимо значительное увеличение количества снимков в выборке, так как текущих 316 изображений оказалось недостаточно.

Более обширные данные были использованы для обучения в анализе сверточных нейронных сетей AlexNet, ZFNet, VGG, ResNet, GoogleNet и DenseNet с архитектурами Fast R-CNN, Faster R-CNN, YOLO, YOLOv3 и SSD, проведенном Д. Чао и Л. Дуан для интерпретации не маммографических, а ультразвуковых снимков [12]. В общей сложности было использовано 515 обучающих клинических случаев, 345 проверочных случаев и 183 тестовых случаев, которые включали в себя ультразвуковые изображения как доброкачественных, так и злокачественных новообразований молочной железы. Модели YOLO и SSD для нейронной сети DenseNet показали лучшие результаты в детекции опухоли. Для задач классификации наиболее оптимальной также оказалась нейросеть DenseNet с архитектурой SSD300. В исследовании Д. Абдолахи, Н. Давари и М. Гардане при предварительном обучении разработанная на основе нейросетей Resnet 50, VGG 16, Mobile-net и Googlenet система с архитектурой Tensorflow и Keras также исключительно эффективно определила количество и идентифицировала метастатические лимфатические узлы [13].

Таким образом, методы глубокого обучения показали большие перспективы в точном выявлении и классификации рака молочной железы по гистопатологическим изображениям. Хотя уровни точности варьируют в зависимости от конкретного набора данных, методов предварительной обработки изображений и используемой архитектуры глубокого обучения, эти результаты подчеркивают потенциал алгоритмов глубокого обучения в повышении точности и эффективности выявления рака молочной железы по гистопатологическим изображениям.

Список использованных источников

1. Bray F., Ferlay J., Soerjomataram I., Siegel R.L., Torre L.A., Jemal A. Global cancer statistics 2018: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries // CA Cancer J. Clin. – 2018. – №. 68(6). – Pp. 394–424.
2. Sechopoulos I., Teuwen J., Mann R. Artificial intelligence for breast cancer detection in mammography and digital breast tomosynthesis: State of the art // Seminars in Cancer Biology. – 2021. – Vol. 72. – Pp. 214–225.
3. Ходорович О.С., Солодкий В.А., Клешнева В.О., Шерстнева Т.В., Ищенко К.Б. Кальцинаты молочной железы. Обзор литературы // Опухоли женской репродуктивной системы. – 2023. – №. 19(4). – С. 75–82.
4. Trieu P.D.Y., Borecky N., Li T., Brennan P.C., Barron M.L., Lewis S.J. The Impact of Prior Mammograms on the Diagnostic Performance of Radiologists in Early Breast Cancer Detection: A Focus on Breast Density, Lesion Features and Vendors Using Wholly Digital Screening Cases // Cancers (Basel). – 2023. – №. 15(4). DOI: 10.3390/cancers15041339.
5. Kemp Jacobsen K., O'Meara E.S., Key D., SM Buist D., Kerlikowske K., Vejborg I., Sprague B.L., Lynge E., von Euler-Chelpin M. Comparing sensitivity and specificity of screening mammography in the United States and Denmark // Int. J. Cancer. – 2015. – №. 137. – Pp. 2198–2207.
6. Lamb L.R., Mohallem Fonseca M., Verma R., Seely J.M. Missed Breast Cancer: Effects of Subconscious Bias and Lesion Characteristics // Radiographics. – 2020. – №. 40(4). – Pp. 941–960.

7. Makary M.A., Daniel M. Medical error: the third leading cause of death in the United States // BMJ. – 2016. – №. 353. – Pp. i2139.
8. Pulumati A., Pulumati A., Dwarakanath B.S., Verma A., Papineni R.V.L. Technological advancements in cancer diagnostics: Improvements and limitations // Cancer Rep (Hoboken). – 2023. – №. 6(2). DOI: 10.1002/cnr2.1764.
9. Tesch M.E., Partridge A.H. Treatment of Breast Cancer in Young Adults // Am Soc Clin Oncol Educ Book. – 2022. – №. 42. – Pp. 1–12.
10. Павлова В.И., Белая Ю.А., Воронцов А.Ю., Прищепов А.А., Князев С.М., Михайлов А.А., Ковалева А.В., Аревшатян Э.Г., Палтуев Р.М., Чёрная А.В., Захарова Н.А. Результаты научно-исследовательской работы Российского общества онкомаммологов «Использование искусственного интеллекта для раннего выявления рака молочной железы» // Опухоли женской репродуктивной системы. – 2023. – №. 19(2). – С. 54–60.
11. Wang Y., Choi E.J., Choi Y., Zhang H., Jin G.Y., Ko S.B. Breast Cancer Classification in Automated Breast Ultrasound Using Multiview Convolutional Neural Network with Transfer Learning // Ultrasound Med Biol. – 2020. – №. 46(5). – Pp. 1119–1132.
12. Cao Z., Duan L., Yang G. et al. An experimental study on breast lesion detection and classification from ultrasound images using deep learning architectures // BMC Med Imaging. – 2019. DOI: 10.1186/s12880-019-0349-x.
13. Abdollahi J., Davari N., Panahi Y., Gardaneh M. Detection of Metastatic Breast Cancer from Whole-Slide Pathology Images Using an Ensemble Deep-Learning Method: Detection of Breast Cancer using Deep-Learning // Archives of Breast Cancer. – 2022. – Pp. 364–376.

УДК 007

КИБЕРНЕТИКА В ОСНОВЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ: АНАЛИЗ ЕЁ ПРОЯВЛЕНИЯ В ИСУ.ИТМО

Урядников И.А. (студент, Университет ИТМО)
Научный руководитель: к.соц.н., доцент Колозариди П.В. (Университет ИТМО)
e-mail: ilya.uryadnikov123@gmail.com

Статья посвящена исследованию потенциала кибернетического подхода к анализу информационных систем на примере информационной системы университета ИСУ.ИТМО рассматривается как сложная динамическая система. Используются ключевые понятия USH (унифицированной системной гипотезы), такие как принцип реакции, системной целостности и предпочитаемой формы. Проведенный анализ позволил сформулировать ряд гипотез о структуре, эволюции и перспективах развития ИСУ, а также продемонстрировал потенциал кибернетического подхода для изучения подобных систем, даже при ограниченности доступа к информации.
Ключевые слова: *кибернетика, информационная система, унифицированная системная гипотеза, принципы функционирования, жизненный цикл.*

Термин «кибернетика» сейчас менее популярен, чем на своём пике в 50-е-60-е гг. XX в. [1, С. 25]. Он несколько потерялся в ряду более известных родственных слов, например «киборг», «киберпанк» и даже «губернатор» в массовой культуре. Тем не менее, интерес к теме в России остается стабильно довольно высоким, об этом, например, может говорить статистика запросов в Яндексе (рис. 1) [2]. Очень интересно здесь резкое увеличение запросов в апреле 2020 г. Предполагаю, что возросший интерес к кибернетике мог быть связан с локдауном и стремительным переводом процессов управления и коммуникации в организациях в цифровую среду. Тем не менее, гипотеза требует подтверждений – это тема для отдельного исследования.

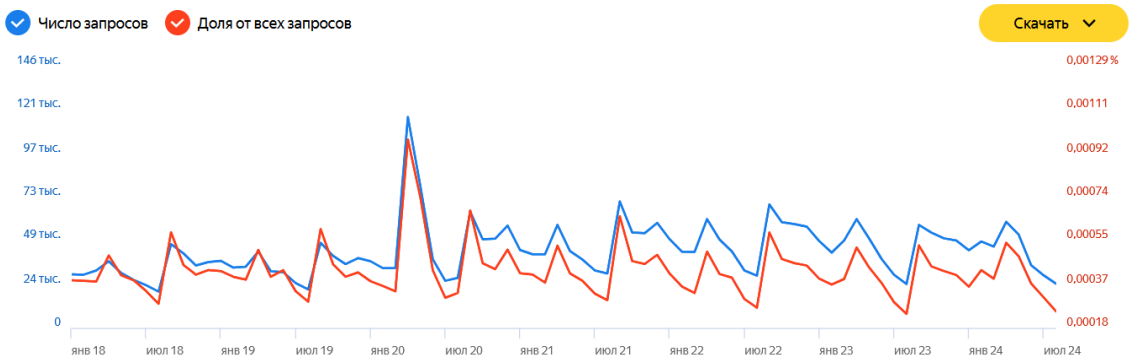


Рис. 1. Статистика запросов по слову «Кибернетика» в Яндекс

Интересна ситуация и в научной сфере. Продолжает активно развиваться теория, появилось множество ответвлений. Кибернетике и различным её вариантам продолжают обучать как в России, так и за рубежом. Тем не менее, и здесь термин отошел на второй план: современные цифровые информационные и управленческие системы, как правило, перестали называться кибернетическими.

Яркий пример тому – электронная информационная система ИТМО. Она по всем признакам, которые будут перечислены ниже, является кибернетической системой, но таковой не называется. Не буду углубляться в проблему терминологии в этой работе, это вопрос для отдельной работы. Цель этой статьи используя кибернетические принципы описать ИСУ.ИТМО с целью установить, что нового можно таким образом узнать о системе и насколько такой подход релевантен в данном случае.

Кибернетике родственны теория систем и системный анализ, его отличие заключается в несколько другом предмете исследования. Исследователей в этой области интересует

устройство системы, их виды и процессы функционирования. Системный анализ более практикоориентированный, часто производится для нахождения проблем, улучшения или оптимизации функционирования систем.

Термин «кибернетика» в современном значении ввёл Норберт Винер в основополагающем труде «Кибернетика или управление и связь в животном мире и машине» [3]. Кибернетика в его интерпретации – вся теория управления и связи в машинах и живых организмах [3, С. 56]. Позднее Винер добавил в этот ряд общество. Простое и ёмкое определение очертило широкие границы дисциплины. В будущем определение было расширено и дополнено, появились разные его варианты. Важный вклад в развитие кибернетики первых лет внесли Уильям Эшби [4] (углубил теоретические основы кибернетики) и Стаффорд Бир [5] (сместил фокус с технических систем на социальные). Подробнее об истории и теории кибернетики можно прочитать в весьма полном «Навигаторе» за авторством Д.А. Новикова [1]. Со временем обрели основу теории, несколько смещающие объект исследования: «Кибернетика 2.0 (второго порядка)» [6], гомеостатика, неокибернетика, «Кибернетика третьего порядка» [7] и даже «Четвертого порядка» [1, С. 22–23] и т.д.

Я не буду углубляться в эти области в данной работе, а остановлюсь на классической кибернетике первого порядка. Объектом её исследования являются сложные управленческие системы. Проблема здесь заключается в том, что среди авторов нет единого представления о принципах сложных (кибернетических) систем. Отчасти, это может свидетельствовать об их неуниверсальности. При этом у исследователя остается право выбора более предпочтительных критериев. Вслед за Д.А. Новиковым [1, С. 44–45] приведу принципы функционирования сложных систем, сформулированные британским профессором Дереком Хитчинсом [8, С. 60–67]. На мой взгляд, они довольно полные и позволяют раскрыть ИСУ.ИТМО как кибернетическую систему в достаточной мере.

ИСУ – информационная система университета ИТМО [9], включающая в себя личный кабинет студента и сотрудника, базы данных учащихся, сотрудников и деловой документации, а также таск-трекер. ИСУ.ИТМО можно охарактеризовать как цифровую бюрократию. С помощью системы осуществляется значительная часть университетского документооборота. Стоит отметить, что в работе я буду рассматривать ИСУ с позиции стороннего наблюдателя, не имеющего доступ к архитектуре системы и истории её изменений. С другой стороны, как раз интересно проследить, какие гипотезы относительно неё можно построить, имея такой ограниченный набор данных.

Итак, первый принцип – принцип реакций: системы стремятся противодействовать внешним изменениям, перестраиваясь для сохранения равновесия. В ИСУ.ИТМО он проявляется довольно понятным образом. Добавление или изменение функционала, глубоко переплетенного с внутренней системой, симулирует к перестройке и адаптации всей архитектуры, изменения иерархии подстраниц. Например, добавление новой базы данных мотивирует, побуждает к привязке её к другим сервисам, настройке, обеспечению безопасности. Это большая работа со значимым риском допустить ошибку, что опасно для крупного и функционирующего сервиса. Другой вариант – встраивание функционала в качестве надстройки, не влияющей на фундамент других подсистем, и тогда главная проблема, с которой сталкиваются разработчики – встраивание в интерфейс, что является, на мой взгляд, самой простой формой адаптации системы. Полагаю, что разработчики чаще выбирают идти именно по этому пути, поэтому на данный момент мы имеем весьма загруженный и неочевидный интерфейс. С начальной страницы есть ссылки на расписание, личный кабинет, приложения, разные базы данных, там же расположен блок с новостями. Кстати, недавно центр приложений претерпел изменения, но до сих пор остается довольно избыточным и дублирующим функционал других страниц. Для работы с интерфейсами ИСУ зачастую даже готовятся специальные инструкции (рис. 2).

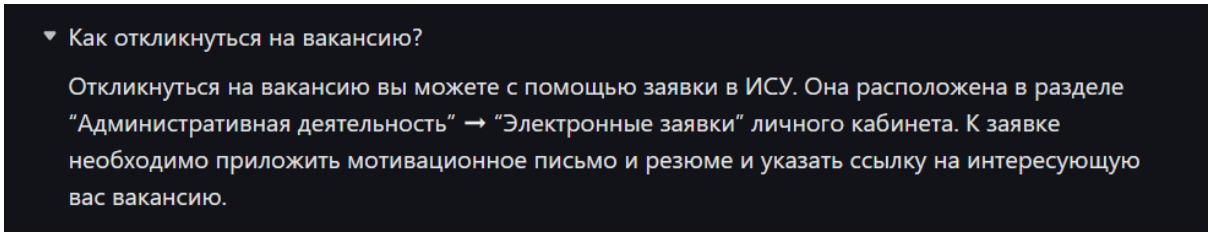


Рис. 2. Инструкция по подаче документов на стажировку

Принцип системной целостности: баланс сил «сцепления и рассеяния». В контексте ИСУ речь может идти о централизации и децентрализации системы. ИСУ – довольно централизованная система: факультеты и институты не имеют своих подразделов или спецификации, ИСУ едина на весь университет, который имеет сложную и разветвленную структуру; большая часть документов централизованно проходят через офис поддержки сотрудников и студенческий офис; доступ ко всем основным разделам с главной страницы тоже свидетельствует о большой степени централизации. В то же время, имея унифицированную и общую структуру, ИСУ должна быть функциональна для всех подразделений и сотрудников университета. Данные в систему вносятся децентрализованно.

Принцип адаптации: для выживания в изменяющейся среде системы должны адаптироваться быстрее, чем происходят изменения среды. Конечно, речь идет не совсем о выживании, но университетская среда часто предъявляет новые ситуативные требования к системе. Пример подобной адаптации – срочные объявление на стартовой странице личного кабинета. В период проведения какого-либо внутреннего конкурса (на получение ПГАС или академической мобильности) рядом с профилем появляется индикатор с указанием количества дней до окончания приёма заявок. Он позволяет сконцентрировать внимание студентов на конкретном наиболее важном событии. В целом, нынешняя наполненная структура ИСУ, по всей видимости, выросла из часто меняющихся потребностей на протяжении многих лет.

Принцип связанного разнообразия: стабильность системы повышается с увеличением разнообразия ее компонентов и связей между ними. Как я уже упоминал, ИСУ.ИТМО – сложная и наполненная система. И, если для неподготовленного пользователя это может стать проблемой, то для системы это только добавляет веса. Внутренняя структура ИСУ имеет множество связей. В этом она напоминает социальную сеть. Она крупная и достаточно стабильная. Данные из одних и тех же баз применяются в разных разделах. Например, мероприятия, в организации которых принял участие студент, отображаются как на его личной странице, так и при подаче заявления на ПГАС.

Следующий – принцип ограниченного разнообразия: разнообразие в системе ограничено доступными ресурсами и минимально допустимым различием между элементами. При всём разнообразии и обилии содержимого во внутреннем устройстве ИСУ имеется ряд шаблонов, оптимизирующих конструирование и настройку сервиса. Это хорошо заметно по довольно простому и единообразному интерфейсу, который, правда, порой запутывает своей одинаковостью при обилии содержимого.

Принцип предпочитаемой формы: системы стремятся к устойчивым конфигурациям, вероятность их формирования растет с увеличением разнообразия и связности элементов. В связи со всем, описанным ранее, сейчас складывается впечатление, что информационная система университета пришла к своему устойчивому и функционирующему состоянию уже некоторое время назад, значимых изменений в ней не происходит, она, насколько мне позволяет утверждать практика работы с ней, в достаточной степени удовлетворительно справляется со своими задачами.

Наконец, принцип цикличности прогресса: системы развиваются циклично, проходя через этапы роста разнообразия, доминирования отдельных элементов и последующего упадка, что ведет к новому витку развития. Большая история, сверхнаполненность информацией и функционалом, перегруженный интерфейс – всё это, на мой взгляд,

свидетельствует о том, что система находится на завершающем этапе развития. Последние несколько лет ключевой функционал перенимает сервис my.itmo [10], обладающий более удобным и понятным интерфейсом.

ИСУ представляет собой сложную, многокомпонентную систему с высоким уровнем централизации и развитой сетью внутренних связей. Её структура, вероятно, формировалась постепенно, реагируя на изменения во внешней среде и накапливая функционал. В настоящий момент ИСУ можно охарактеризовать как стабильную, но достаточно громоздкую систему, находящуюся, вероятно, на завершающем этапе своего жизненного цикла. Передача части функционала в новый сервис my.itmo может свидетельствовать о начале нового витка развития, направленного на оптимизацию и повышение удобства использования.

Несмотря на то, что анализ был проведен с позиции внешнего наблюдателя и основывался на ограниченном объеме информации, он позволил сформулировать ряд гипотез о структуре, эволюции и перспективах развития ИСУ. Применение кибернетического подхода, даже в условиях ограниченной осведомленности, позволило предложить интерпретацию текущего состояния системы как закономерного этапа ее жизненного цикла.

Важно отметить, что полученные результаты носят предварительный характер и требуют дальнейшей проверки с привлечением более детальной информации о системе. Тем не менее, сам факт выявления определенных закономерностей свидетельствует о потенциальной продуктивности кибернетического подхода для анализа информационных систем, даже при ограниченном доступе к данным.

Список использованных источников

1. Новиков Д.А. Кибернетика: Навигатор. История кибернетики, современное состояние, перспективы развития. – М.: ЛЕНАНД, 2016. – 160 с.
2. Яндекс вордстат. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://wordstat.yandex.ru/ (дата обращения: 18.09.2024).
3. Винер Н. Кибернетика или управление и связь в животном мире и машине. – М.: Советское радио, 1968. – 328 с.
4. Эшби У.Р. Введение в кибернетику. – М.: Мир, 1966. – 432 с.
5. Бир С. Кибернетика и управление производством. – М.: Наука, 1965. – 391 с.
6. Новиков Д.А. Кибернетика 2.0 // Проблемы управления. – 2016. – №. 1. – С. 73–81.
7. Лепский В.Е. Экономическая кибернетика саморазвивающихся сред (кибернетика третьего порядка) // Управленческие науки. – 2015. – №. 4. – С. 22–31.
8. Hitchins D. Putting Systems to Work. – New York: Wiley, 1993. – 342 p.
9. ИСУ ИТМО. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://isu.ifmo.ru (дата обращения: 17.09.2024).
10. my.itmo. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://my.itmo.ru/ (дата обращения: 17.09.2024).

Практико-ориентированное молодежное научно-техническое творчество

УДК 534.08

АКУСТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ТОЧНОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ОБЪЕКТА С ПСЕВДОШУМОВОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬЮ СИГНАЛОВ

Дорофеев В.С. (студент, МАИ)
Научный руководитель: начальник СКБ-4 Егоров В.В. (МАИ)
e-mail: dorofeevvadimx@yandex.ru

Особенность нового научно-технического направления заключается в точном определении координат объекта с помощью псевдошумовой последовательности сигналов. Используется слышимый звуковой диапазон, но для людей эти сигналы воспринимаются как белый шум. В них кроется информация о расположении объекта. Излучатель может быть установлен как на объекте, а приёмники вокруг него в помещении, например, заводского цеха, так и наоборот. Изготовлены и испытаны три варианта системы. Достигнута точность позиционирования объекта 1 мм. Система актуальна для роботизации производства.

Ключевые слова: *акустика, шум, псевдошум, излучатель звука, приёмник звука, позиционирование, обработка сигналов, навигация, точность, звуковая аппаратура.*

Научное направление исследований фактически связано с задачами навигации. Однако под навигацией обычно понимают определение местоположения объекта в географических координатах. В представленной работе цель заключается в как можно более точном определении координат объекта, но только в заданном помещении (цех завода, предприятия, лаборатория и т. д.). Небольшая площадь помещения позволяет отказаться от радиосигналов и перейти к звуковым волнам. Для реализации предлагаемого способа позиционирования на объекте размещается излучатель звуковых волн, а в нескольких точках помещения устанавливаются приёмники звука. По разности хода звуковых волн от излучателя до приёмников вычисляются координаты объекта. Как видно из принципа действия, в основу системы позиционирования положены известные навигационные принципы, но только не радиоволнами, а звуковыми сигналами. В условиях помещения это рационально, потому что акустическая аппаратура на 3–4 порядка дешевле сложных электромагнитных устройств. Более того, оказалось, что нет смысла применять ультразвуковые излучатели и приёмники, потому что скорость таких сигналов сильно зависит от частоты. Напротив, слышимый звук распространяется практически с одной и той же скоростью, отклонения от номинальных значений учитываются системой обработки информации. Особенностью предлагаемой системы является использование свойств псевдошумовых сигналов. Такие сигналы небольшой амплитуды не мешают рабочим, но одновременно не теряются в общем фоне заводского помещения. Система реализована в виде рабочих приборов, постоянно совершенствуется. В настоящее время создана третья рабочая версия аппаратуры. Новым предложением для космической техники стало применение разработанной системы в испытательных звуковых камерах.

Ввиду постоянного повышения темпов роста промышленности нашей Родины, а также ввиду активизации действий по импортозамещению и, как следствие, выхода отечественным заводов и промышленный предприятий на значительную загрузку (по некоторым заводам до нескольких смен), задача автоматизации и роботизации данных заводов становится всё более актуальной. Касательно роботизации – данные технологии, согласно открытым источникам, уже активно применяются на складских комплексах и заводах различной направленности — на пищевых, электротехнических, автомобильных и множестве других. Применение подобных технологий позволило не только ускорить время производства, но и улучшить качество получаемой продукции, а соответственно увеличить спрос и её объем сбыта,

уменьшить расходы по рекламациям. Кроме того, окупаемость предприятия растёт за счёт уменьшения издержек на оплату труда рабочих, а так же уменьшения затрат на предотвращение рисков информационной безопасности — снижение количества сотрудников на самом предприятии снижает вероятность разглашения коммерческой или государственной тайны, а также причинения время компании и сотрудникам.

Роботизация предполагает, в том числе, наличие в рабочей зоне завода самостоятельных подвижных роботов, осуществляющих подвоз необходимых инструментов и комплектующих, а также выполняющих погрузочные и сортировочные задачи в складских зонах. Данные работы требуют достаточно высокой точности навигационных данных, чтобы роботы могли корректно ориентироваться в пространстве завода.

Радиоэлектронные методы навигации, применяемые в основном в данных задачах, не позволяют обеспечивать высокую точность, а специальные разработки повышенной точности уязвимы для систем РЭБ, которые могут быть установлены рядом или непосредственно на территории завода злоумышленниками, диверсантами или террористами, и своим действием полностью нарушить работу роботизированной части завода [1]. На рисунке 1 [4] показана математическая схема восстановления координат объекта по измерениям расстояний из нескольких точек.

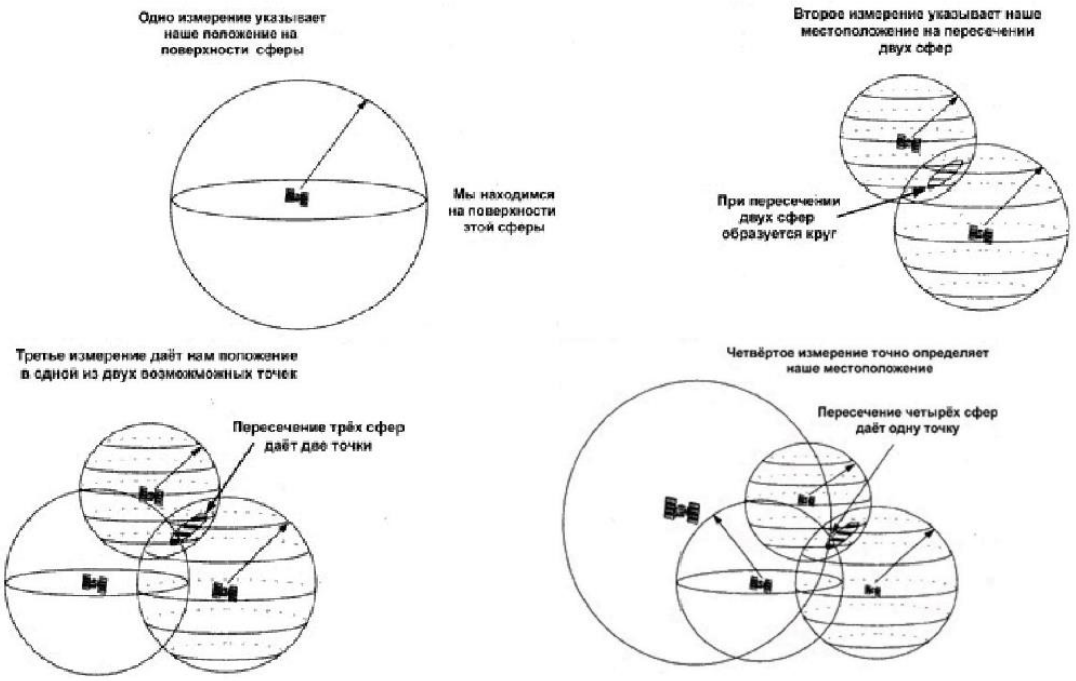


Рис. 1. Схема определения координат объекта

Предлагаемая система основана на акустическом принципе и работает локально на территории предприятия в требуемых помещениях, средства РЭБ против нее не применимы [2].

Принцип работы системы следующий.

В составе системы имеются следующие элементы:

1. Позиционируемый объект.
2. Пользовательский модуль-передатчик, обладающий встроенным звуковым динамиком и интерфейсами связи с другими элементами системы по протоколу RS-485, выбранному как наиболее доступный в использовании, обладающий достаточной скоростью передачи информации и способному качественно передавать информацию на приемлемой дальности между устройствами. Для одного позиционируемого объекта используется один модуль.

3. Множество стационарно-установленных устройств-приёмников, обладающих встроенными звуковыми микрофонами и интерфейсами связи, минимум в количестве четырех штук (для трёхмерного позиционирования объекта.
4. Модуль-концентратор, синхронизирующий работу пользовательских модулей с устройствами-приёмниками, и проводящий компьютерные математические вычисления для определения координат позиционируемого объекта.

Структурная схема акустической системы изображена на рисунке 2.

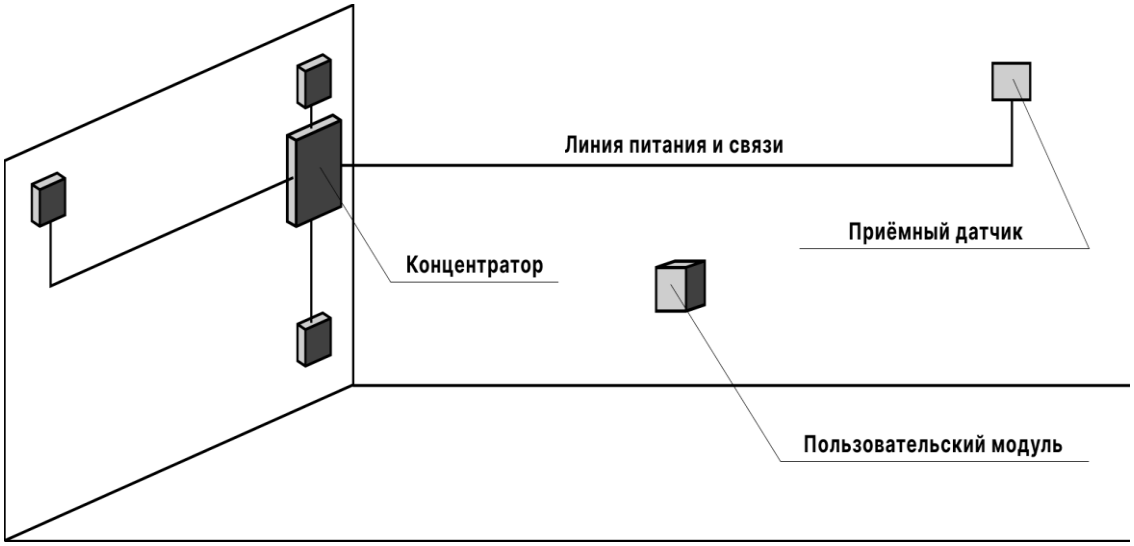


Рис. 2. Структурная схема системы акустического позиционирования

Определение месторасположения объекта проводится по следующему алгоритму:

1. Модуль-концентратор отправляет по интерфейсу связи сообщение на модуль-передатчик о начале процесса измерения, подавая команду излучения звукового сигнала.
2. Передатчик принимает сообщение от концентратора и излучает с некоторой задержкой (связанной с чтением из памяти и процессом генерации) записанный в его памяти псевдошумовой звуковой сигнал.
3. Модуль-концентратор отправляет по интерфейсу связи сигнал синхронизации на модули-приёмники.
4. Приёмники синхронизируются и одновременно начинают запись звукового эфира с частотой дискретизации 300 кГц.
5. По окончании записи, под управлением модуля-концентратора каждый из передатчиков отправляет записанный звуковой файл на концентратор.
6. Модуль-концентратор проводит математические операции свёртки и корреляции полученных звуковых файлов от каждого приёмника, содержащих принятый с некоторой задержкой сигнал, с заранее известным эталоном сигнала без временного сдвига. Данный процесс позволяет точно определить время пролёта сигнала от излучателя до передатчика.
7. Получив для каждого из модулей-приёмников данные о времени пролёта сигнала (метод Time Difference of Arrival, TDOA), концентратор псевдодальномерным методом по принципу трилатерации (метод определения координат объекта по опорным точкам) высчитывает координаты объекта. Неточности измерения времени, возникающие на предыдущих этапах (связанных с задержками в электронных элементах системы позиционирования), помогают исправить методы наименьших квадратов и сглаживания данных.
8. По интерфейсу связи данные о месторасположении отправляются концентратором на позиционируемый объект через модуль-передатчик.

На рисунке 3 показана математическая модель определения координат объекта при избыточном количестве каналов измерений дальности [3].

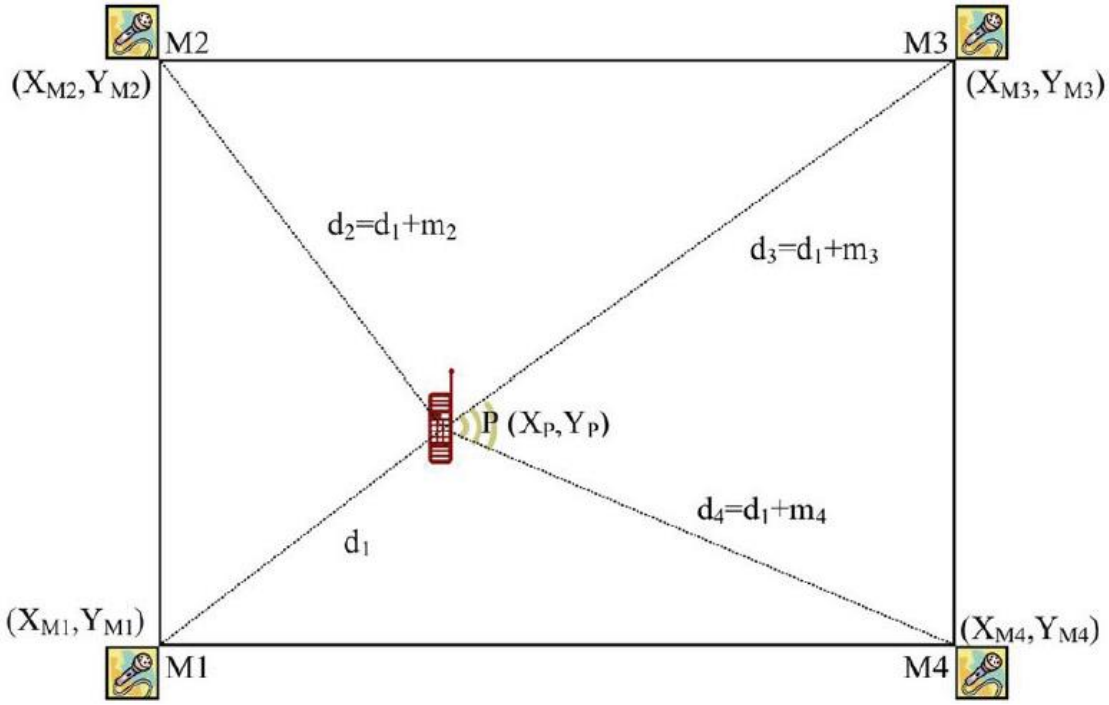


Рис. 3. Математическая модель определения координат объекта

Излучаемый передатчиком сигнал лежит в слышимом диапазоне звуковых частот, занимая полосу спектра от 20 Гц до 20 кГц. По форме, сигнал является псевдошумовой последовательностью символов, и равномерно занимает весь занимаемый диапазон. Выбор сигнала такого типа связан с его математическими свойствами. Псевдошумовые последовательности импульсов дают возможность работать системе высокоэффективно при различных мощностях помех в канале звуковой передачи сигналов. Эта возможность сохраняется и для узкополосных и для широкополосных сигналов, в том числе при равном соотношении спектральной плотности мощности шума и сигнала [3].

Результаты

В прототипе базовой является последовательность длиной в 4095 отсчётов. Данный акустический сигнал в процессе первичной настройки системы записывается в каждый из передатчиков — эта особенность генерации псевдошумовых последовательностей позволяет создавать разные реализации сигналов одной длины, которые будут минимально коррелировать между собой. Благодаря этому становится возможным одновременное измерение координат нескольких объектов.

Указанный эффект представлен на рисунке 4. Показаны два графика детектирования на одном приёмнике двух одновременно излученных сигналов, пролетевших с двух передатчиков [4]. Каждый из графиков получается после корреляции записанной звуковой записи, содержащей два смешанных между собой псевдошумовых сигнала, с одним из эталонных сигналов, в которых отсутствует временная задержка. На каждом из графиков отлично обнаруживаются корреляционные пики. Разница в расстоянии между корреляционными пиками показывает задержку во времени пролета двух сигналов, что прямо пропорционально зависит от расстояния между каждым из передатчиков до приёмника. Детектирование времени пролёта сигналов такой формы производится по корреляционным алгоритмам, благодаря чему нивелируются реверберационные эффекты, неизбежно возникающие в помещениях, особенно при наличии множества предметов, таких как станки, машины, трубы и провода.

Приёмник, где оцифровывается и записывается эфир в момент излучения сигнала, производит запись с частотой дискретизации 300 кГц. Такая частота выбрана не случайна, так как является минимальной, которая позволяет достичь точности измерений ±1 мм. Это связанно с тем, что скорость распространения звука в воздушной среде общеизвестно лежит в пределах от 320 до 380 м/с.

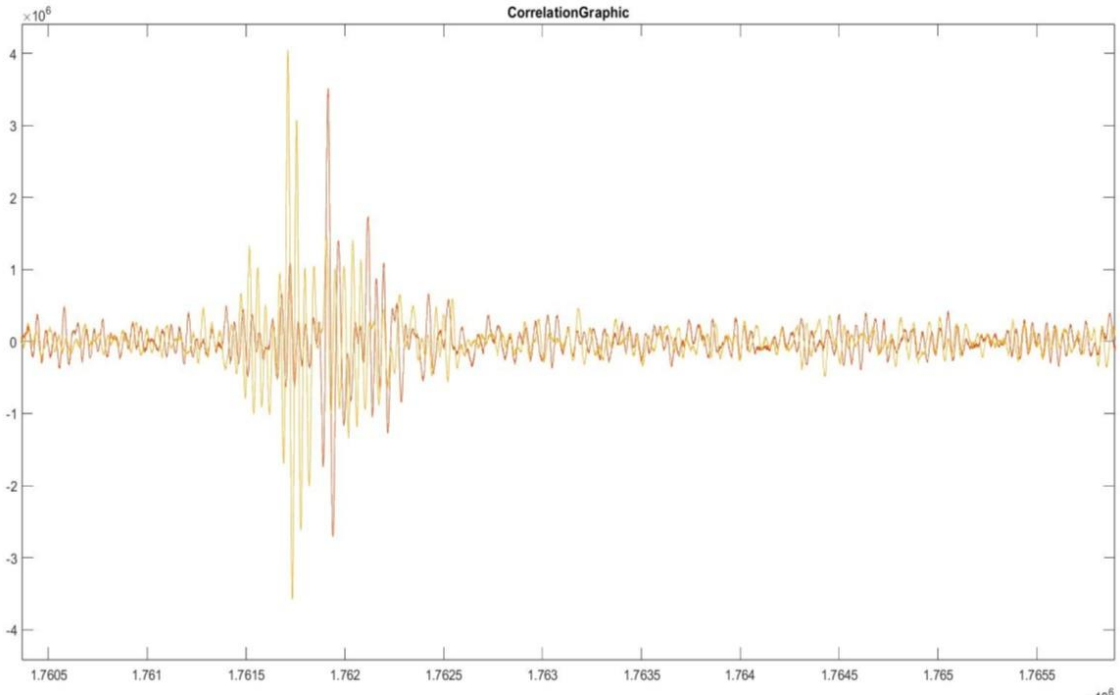


Рис. 4. Псевдошумовые сигналы двух передатчиков, принятые приёмником

На рисунке 5 показана схема реализации акустической системы в реальном помещении.

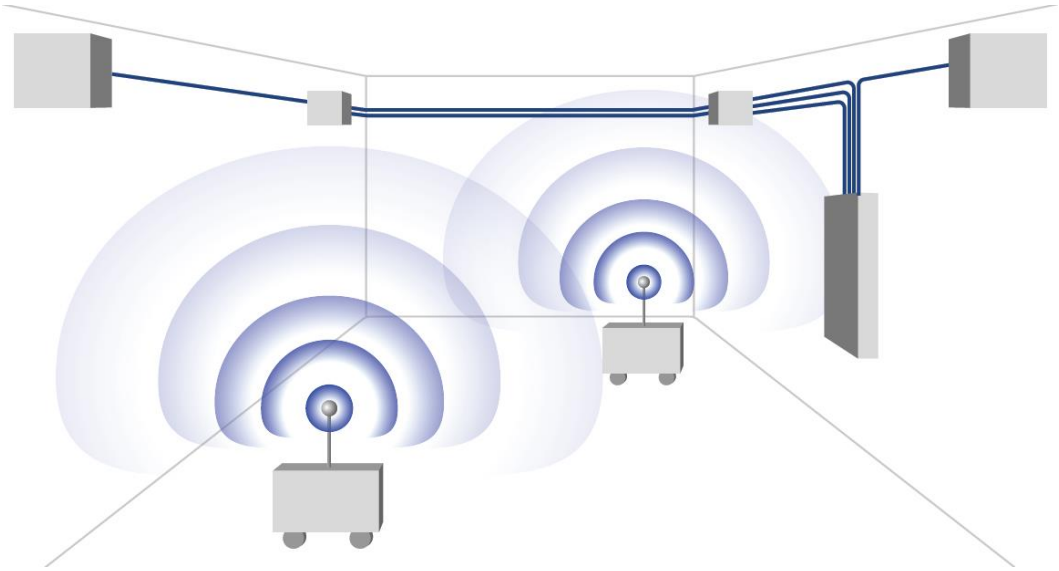


Рис. 5. Схема реализации системы в помещении

Для вычисления координат источника сигнала псевдодальномерным методом необходимы точные координаты приёмников. Ошибка в этих координатах приводит к двум последствиям:

1. Линейному сдвигу получаемой координаты по осям.
2. Искривлению плоскостей позиционирования, что приводит к «закручиванию» координатной сетки.

Если ошибки первого типа могут быть исправлены введением в систему корректирующих коэффициентов при измерении в одной контрольной точке с известными координатами, то ошибки второго типа корректировать достаточно сложно.

В данной работе предлагается вариант модификации существующей системы акустического позиционирования для повышения точности начального определения координат приёмных датчиков. Предлагаемое решение приведено на рисунке 6.

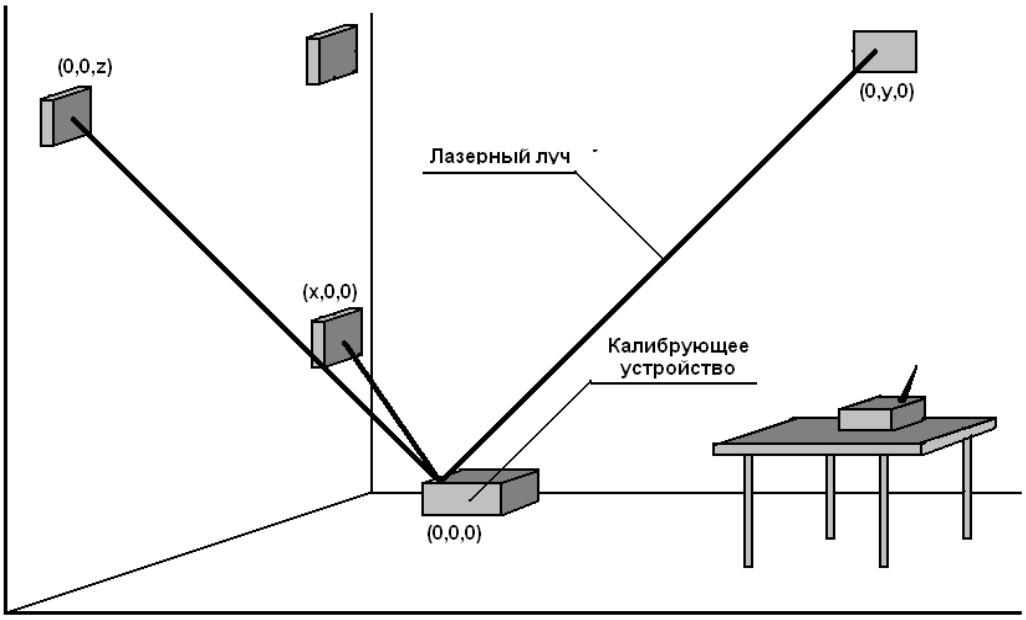


Рис. 6. Начальное определение координат приёмных датчиков

Калибрующее устройство устанавливается в условном нуле системы координат. Внутри него расположены лазерные излучатели («указки»), которые конструктивно образуют ортогональную тройку векторов. На устройстве предполагается два режима – режим монтажа и режим измерения. В режиме монтажа указки непрерывно светятся, формируя в пространстве помещения лучи, вдоль которых необходима установка приёмных датчиков. На приёмных датчиках на торцах корпуса размещены калибровочные мишени, в центре которых располагается фототранзистор. Блоки приёмных датчиков должны быть смонтированы так, чтобы луч указки попадал на фототранзистор.

После монтажа блоков приёмных датчиков калибрующее устройство переводится в режим измерения, где использует лазерные указки как систему запуска записи (рис. 7). Приёмные датчики также вводятся в режим калибровки, активируясь по сигналу указки. Таким образом получается избежать непредсказуемых задержек и система условно превращается из псевдодальномерной в дальномерную. Калибрующее устройство активирует приёмные датчики включением указок и излучает акустический сигнал. Измеряемые задержки при этом могут быть пересчитаны в точные позиции приёмных датчиков по осям координат, сформированным лазерными лучами [5]. Важным моментом при таком измерении является необходимость максимально точно знать величину скорости звука. Если при псевдодальномерном методе изменение скорости звука относительно средней величины влияет на линейное изменение оценки расстояния и компенсируется при вычислении координат, то в дальномерном методе это становится важным.

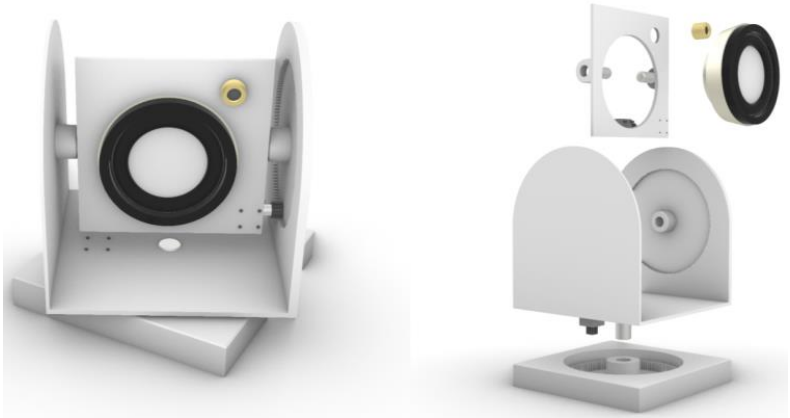


Рис. 7. Устройство-калибровщик

Скорость звука оценивается на борту калибрующего устройства с помощью системы датчиков давления, влажности и температуры.

Выводы

В результате работы был сконструирован и протестирован прототип системы, представленный на рисунке 8, который подвергался цикличному улучшению. За прошедшее время на приёмном устройстве оптимизировалась скорость измерений и их передачи на модуль-концентратор, так, время записи было снижено с 70 секунд до 6,5 секунды. В процессе разработки находится модернизированная версия приёмника, в которой время приёмо-передачи будет снижено на порядок. Изменен и оптимизирован программный код концентратора — помимо перечисленных выше функций и алгоритмов работы, система также улучшается для работы с адаптивными параметрами, которые могут либо в процессе эксплуатации явно настраиваться оператором, либо подстраиваться автоматически. Так, по причине частого изменения параметров шумовых условий среды распространения звукового сигнала появляется необходимость подстройки генерируемого сигнала для более эффективной работы системы. Ведется работа над адаптивностью мощности передаваемых сигналов, их адаптивным изменением, увеличением и уменьшением длительности псевдошумовой последовательности, что позволяет не изменяя мощность излучения поднимать качество детектирования или повышать частоту измерений.

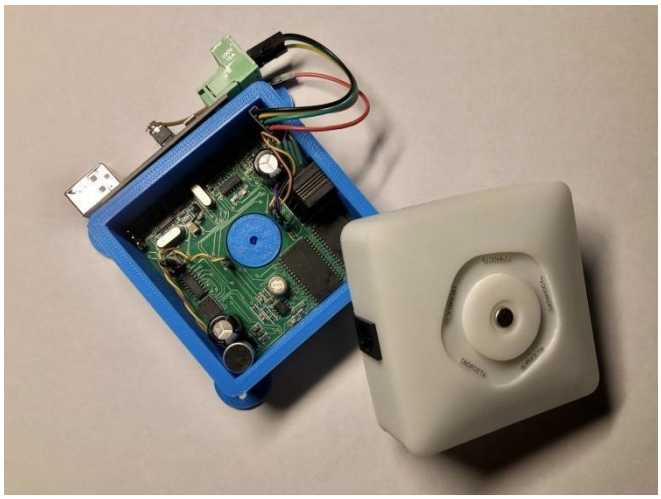


Рис. 8. Прототипы приёмных блоков акустической системы

Список использованных источников

1. Скляр Б. Цифровая связь: теоретические основы и практическое применение / Б. Скляр; [пер. с англ. Е.Е. Грозы и др.]. — 2-е изд., испр. — Москва: Вильямс, 2007. – 1099 с.
2. Zigangirov K. Theory of Code Division Multiple Access Communication / K. Zigangirov — IEEE Press, 2004. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://archive.org/details/theoryofcodedivi0000ziga (дата обращения: 20.06.2024).
3. Filonenko V. Asynchronous Ultrasonic Trilateration for Indoor Positioning of Mobile Phones, Doctoral thesis / V. Filonenko. — Technological University Dublin, 2012. DOI: 10.1007/978-3-642-29247-7_4.
4. Загретдинов Р.В. Спутниковые системы позиционирования. Конспект лекций / Р.В. Загретдинов, Каз. федер. ун-т. — Казань, 2014. – 148 с.
5. Линник Ю.В. Метод наименьших квадратов и основы математико-статистической теории обработки наблюдений / Ю.В. Линник. — М.: Гос. изд-во физ.-мат. лит., 1962. – 333 с.

УДК 004.021

АСИНХРОННАЯ МОДИФИКАЦИЯ И РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДА МУРАВЬИНЫХ КОЛОНИЙ ДЛЯ ПЕРЕУПОРЯДОЧИВАНИЯ И ОТПРАВЛЕНИЯ ГИПЕРПАРАМЕТРОВ НА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ КЛАСТЕР ДЛЯ ЗАДАЧИ НАЗНАЧЕНИИ ЛЕКАРСТВЕННЫХ СРЕДСТВ

Иванова П.М. (студент, МАИ)
Научный руководитель: к.т.н. доцент Титов Ю.П. (МАИ)
e-mail: polianna_6534@mail.ru, kalengul@mail.ru

В работе рассматривается модификация метода муравьиных колоний и его асинхронной реализации для оптимизации поиска решения задачи назначения лекарственных средств. Рекомендации к назначению лекарственных средств определяются с помощью модели, расчет которой происходит на отдельном вычислительном кластере (под кластером понимается как отдельную программу, так целый вычислительный комплекс). Рассматриваются способы обеспечения экономии ресурсов вычислительного кластера. В статье описывается структура приложения, реализующего выполнение алгоритма переупорядочивания, а также позволяет пользователю влиять на процесс выполнения алгоритма.

Ключевые слова: *метод муравьиных колоний, асинхронный метод, многокритериальная оптимизация, вычислительный кластер, многопоточность, межпроцессное взаимодействие, передача данных, лекарственные средства.*

В настоящее время остро стоит проблема назначения лекарственных препаратов. Как правило для оптимизации этого процесса используются системы поддержки принятия врачебных решений (СППВР), которые с помощью обработки большого объема медицинской информации позволяют снизить нагрузку с персонала. СППВР позволяет обрабатывать ограниченный набор параметров, поэтому окончательное принятие решений, и ответственность ложится на медицинского работника. Изменение технических процессов от ручного от ручного вычисления и поиска оптимальных решений к автоматизированному поиску этих решений за счет возрастающей вычислительной мощности требуют новых решений.

До появления вычислительных кластеров пользователям СППВР приходилось загружать наборы значений параметров по одному, ждать получения результатов, и если результат расчета был неудовлетворительным, корректировать входные значения и отправлять их на расчет по новой. После появления вычислительных кластеров появилась возможность отправлять сразу все значения и ждать одно выходного результата. К сожалению, такой подход тратит слишком много вычислительных ресурсов, времени, а также не всегда выдает оптимальное решение для случаев, когда имеет место несколько вариантов назначений лекарственных препаратов.

Реализуемый проект решает эти проблемы. Переупорядочивание гиперпараметров позволяет системе не сходиться к единственному, не всегда оптимальному решению и выбрать набор входных параметров, дающих оптимальное решение за минимальное количество итераций. Пользователь получает возможность самостоятельно выбирать оптимальное для него решение. Также имеется возможность остановить процесс расчета в случае обнаружении оптимального решения, что позволяет экономить ресурсы вычислительного кластера, а в некоторых случаях экономить время расчетов.

В основе реализуемого проекта лежит алгоритм переупорядочивания гиперпараметров, основанный на методе муравьиных колоний. Изначально данный метод использовался для решения задачи коммивояжера в графе, однако современные исследования позволили его модифицировать для решения оптимизационных задач. Метод муравьиных колоний позволяет смоделировать многоагентную систему, что делает его удобным для решения поставленной задачи.

Представим работу в графе (рис. 1), который описывает все введенные пользователем параметры и их значения, которые необходимы для расчета модели. Параметрами могут являть группы лекарственных средств, дозировки, способы ввода лекарственных средств и т.д. Как видно из рисунка каждому значению параметра выделяется узел, при этом узлы значений

одного параметра выделяются в отдельный слой. Связь между узлами образовывается таким образом, что из любого узла i-1 слоя можно попасть в любой узел i слоя, при этом узлы одного слоя никак не связаны и из i слоя нельзя попасть и i-1 слой. Такое представление входных значений позволяет модифицировать метод муравьиных колоний. Феромоны (значения, характеризующие как давно был выбран тот или иной узел) будут наноситься на узлы графа, а не на его ребра, как в оригинальном методе [1]. Путь в графе определяется последовательным переходом агентов из слоя в слой, таким образом в результате получается путь который содержит в себе ровно по одному узлу из каждого слоя.

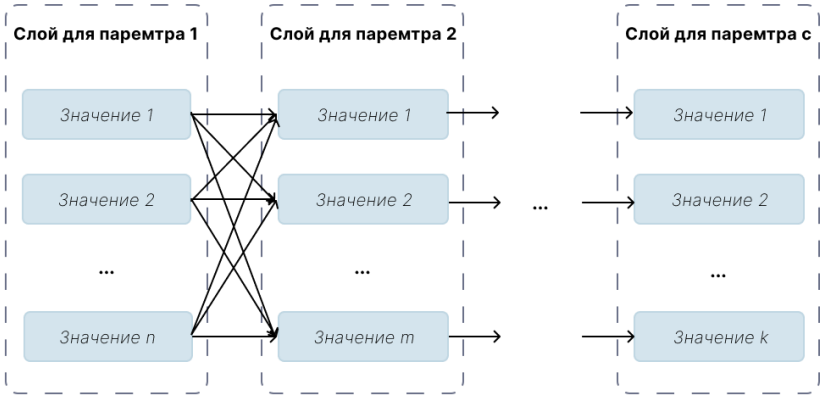


Рис. 1. Граф, описывающий входные данные пользователя

Для того, чтобы алгоритм не сходился к первому найденному допустимому решению, которое не всегда может быть оптимальным формула определения вероятности перехода была также изменена. Это позволило перенаправлять агенты на вершины, которые редко используются (1).

$$P = \frac{k_1\frac{t_{ij}}{\sum_{l\in S} til} + k_2\frac{1}{kol} + k_3\frac{kol}{Maxjk}}{\sum k_1\frac{t_{ij}}{\sum_{l\in S} til} + k_2\frac{1}{kol} + k_3\frac{kol}{Maxjk}}, \quad (1)$$

$$t_{ij} = (1-p)t_{ij} + \Delta t_{ij};\ \Delta t_{ij} = \begin{cases} \frac{k}{F}, (i,j) \in P \\ 0, (i,j) \notin P \end{cases},$$

где t_{ij} – количество феромонов в вершине; $\sum_{l\in S}(t_{il})$ – количество феромонов во всех вершинах слоя; kol – число насыщения вершины (сколько раз вершина была выбрана); $Maxjk$ – количество решений в графе; F – Значение целевой функции [2].

После определения пути агента он отправляется в модель на вычислительный кластер.

Основным вычислительным ресурсом является время работы кластера, поскольку чем раньше будет найдено оптимальное решение, тем раньше программа завершит свою работу и тем меньше кластер будет загружен. Последовательный поиск агентами наборов значений, и их отправка на кластер приводят к тому, что кластер простаивает все то время пока агент ищет уникальный путь.

Рассмотрим жизненный цикл агента (рис. 2). Он состоит из следующих основных этапов: создание, выбор пути, отправление пути на вычислительный кластер, обработка результатов расчетов, изменение феромонов в графе и отправление данных пользователю и уничтожение. Чтобы этого избежать простаивания кластера необходимо, чтобы объем поступающих данных превышал скорость их обработки на вычислительном кластере. Этого можно добиться, если заставить агентов искать значения параметров в графе одновременно с помощью асинхронной реализации алгоритма.

Чтобы обеспечить непрерывное отправление данных на кластер, реализовано два потока: первый поток осуществляет параллельный поиск агентами путей в графе и занесение найденных наборов в очередь, при этом каждый набор идентифицируется ID агентом. Второй поток осуществляет непрерывную проверку очереди и в случае если она не пуста, то он

выбирает из нее запись по принципу FIFO и отправляет ее через модуль связи на вычислительный кластер.

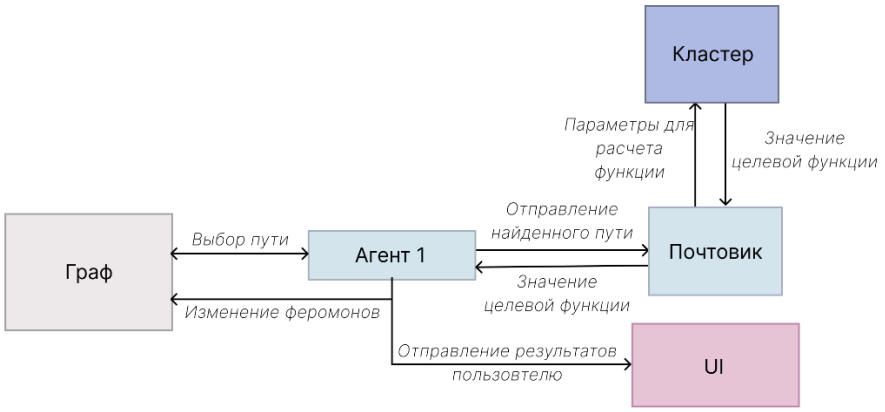


Рис. 2. Жизненный цикл агента

После того, как модуль связи получает результаты расчета кластера он отправляет их пользователю в клиентскую часть приложения и запускает процесс пересчета феромонов в копии графа. По сути происходит решение классической задачи производителя-потребителя, которая требует, чтобы задача выбора путей в графе была мощнее, чем задача отправления данных на вычислительный кластер (рис. 3).

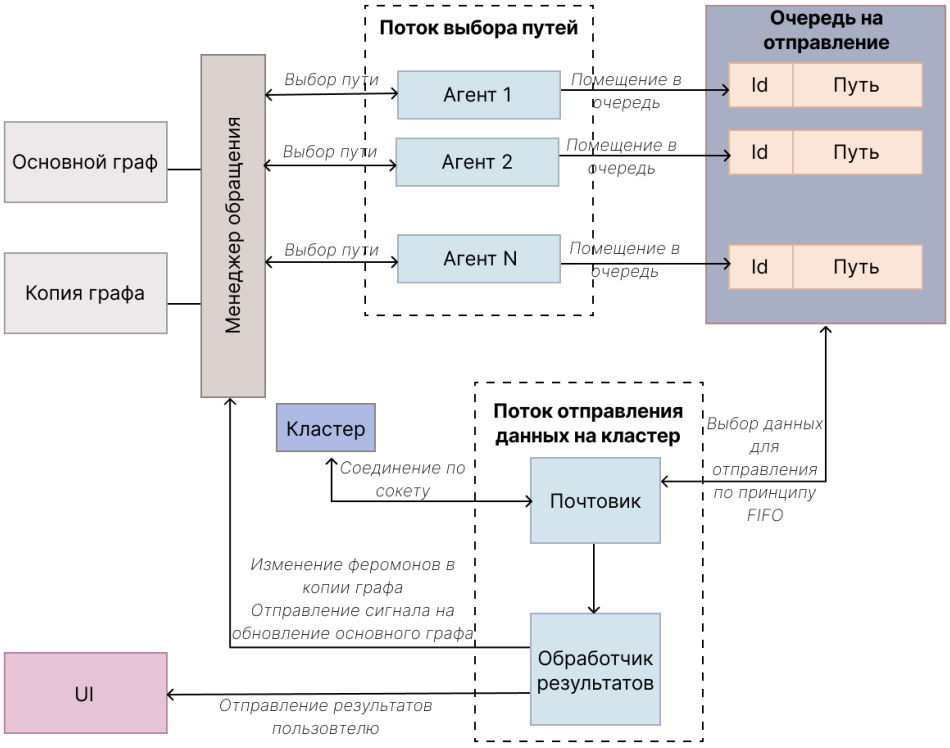


Рис. 3. Схема асинхронной реализации алгоритма

Совместный поиск агентов в графе может привести к коллизиям, поскольку после получения значения целевой функции агент изменяет веса феромонов на узлах. Поэтому необходимо ввести копию графа, на которую агенты будут вносить изменения. Когда агент обращается к графу он делает это через менеджер сообщений, которой проверят, вносились ли изменения в граф более ранними агентами. Если изменения вносились, то агент отправляется на обновленную копию графа, если же нет, то на основной. При этом, если копия графа отличается основного, то менеджер запускает копирование изменений в основной граф.

Для экономии вычислительных ресурсов набор значений, отправляемых на него, должен быть уникальным. Для этого были введены хэш-таблицы. Хэш-таблицы, содержат в себе хэши

путей – уникальные цифровые отпечатки, полученные путем преобразования массивов путей. Когда агент находит очередной путь в графе, он проверяет есть ли его хэш в таблице (то есть проводился ли расчет модели с заданными параметрами) если хэш уже присутствует в таблице, то агент ищет новый уникальный набор. Если хэш отсутствует в таблице, то агент добавляет его и отправляет значения параметров в модель для расчета. В зависимости от объема входных данных выбирается способ хранения хэшей. Если объем входных данных не очень большой, то для хранения хэшей используются таблицы, хранящиеся в оперативной памяти. В противном случае подключается база данных. Такой подход позволяет хранить больше хэшей, чем в оперативной памяти, однако такой способ хранения существенно замедляет процесс проверки. Процесс поиска можно ускорить, если хранение будет осуществляется по принципу ключ-значение, например, radis.

Так как агенты ищут уникальный путь параллельно, то и сверяют хэши путей они тоже параллельно. Хэш-таблица является критической секцией, то есть за один раз к ней может обратиться только 1 агент. После обращения агента секция блокируется, и новые агенты встают в очередь. Если разнести проверку хэша и его занесение в таблицу, то получаем еще одну возможную коллизию. Когда после проверки таблице агент снова отправляется в очередь, то может получиться ситуация, когда перед ним на запись уже стоит агент, с точно таким же хэшем. Для предотвращения такой ситуации стоит соединить проверку и запись, то есть в случае если хэа в таблице нет, то агент должен сразу его записать. Однако, такой подход приводит к тому, что агенты все рано тратят слишком много времени на проверку и запись. Чтобы решить эту проблему, стоит очищать очередь. То есть, когда очередной агент отправляется на запись стартует параллельная проверка очереди агентов. Если в очереди есть агенты с точно таким же хэшем, то они отправляются на перевыбор пути еще до того, как до них дойдет очередь.

Программа реализована как клиент-серверное ПО. Сервер осуществляет обработку входных данных пользователя, выполняет алгоритм реализации и осуществляет взаимодействие с кластеров. На вычислительный кластер подаются запросы двух типов: сообщения – сигналы для сбора статистики работы кластера и сообщения с наборами значений для расчета. Для реализации соединения был реализован двусторонний протокол, основанный на протоколе http. Для передачи данных формируется строка Json, который благодаря своей простоте позволяет прочитать передаваемые данные без функции десериализации. После конвертации данных в Json, они преобразуются в байты и отправляются на кластер через сокеты. Со стороны кластера также создается сокет, который прослушивает зарезервированный порт. Когда кластер получает и расшифровывает данные он определяет тип полученного сообщения. Если на вход кластер получает данные для расчета, то он вызывает соответствующий метод расчета, после чего отправляет в ответе полученный результат. Использование протокола отправки позволило упростить обработку кластером разных типов запросов и позволило в дальнейшем при необходимости расширить набор их типов.

Клиентская часть приложения реализована как web-интерфейс. Данная часть позволяет пользователю создавать новые задачи, задавать параметры и их значения, а также выбрать необходимый вычислительный кластер.

Самая главная функция клиентской части – управление вычислительным процессом. Алгоритм переупорядочивания гиперпараметров не позволяет со стопроцентной гарантией свести решение к оптимальному, особенно в случае многокритериальных задач, при решении которых может быть несколько оптимальных вариантов. Поэтому эта задача ложится на пользователя, который в реальном времени видит результаты вычислений по каждому набору значений и может остановить ход решения, в случае обнаружения устраивающего его результата. Если же пользователь не видит оптимального результата, то программа перебирает все возможные значения параметров и выдает один итоговый результат [3].

Чтобы обеспечить функцию управления ходом решениями был применен принцип многопоточности. Когда пользователь вводит все необходимые значения и запускает решение задачи, входные значения проходят валидацию. После этого стартуют две параллельно

выполняемые задачи: первая задача запускает расчетный блог и осуществляет логирование статистики, собираемой во время работы алгоритма, вторая задача осуществляет вывод промежуточных результатов пользователю. Общение между задачами осуществляется через специальную потокозащищенную структуру. Когда в первой задаче появляется решение, которое нужно отобразить на экране пользователю, она преобразует его в специальный объект и помещает его в потокозащищенную структуру. Вторая задача непрерывно проверяет состояние и выбирает из нее объекты результатов по принципу FIFO, после чего производит парсинг объекта, формирование html компонента с результатом и передача его на экран пользователя по web-сокетам.

Перед запуском выполняемых задач создается специальный токен, к которому имеют доступ обе задачи. Во время их выполнения они периодически проверяют состояние токена. Таким образом, если пользователю необходимо остановить процесс расчетов, то он вызывает специальный обработчик, который обнуляет токен, таким образом, при очередной проверке выполняемые задачи смогут корректно прекратить свое выполнение.

В настоящее время разработано программное обеспечение, проведено тестирование работы приложения на бэнч-марках при различных входных параметрах, что позволит применять проект не только для поставленной задачи. Собранная статистика показала, что изменение вероятностной формулы для перехода агента из слоя в слой дает более точный результат. Ее применение показало, что в среднем для нахождения оптимального решения требуется меньшее число итераций прохождения агентами графа. Введение параллельных вычислений в алгоритм переупорядочивания позволило сократить время поиска оптимального решения и снизить нагрузку с вычислительного кластера.

Список использованных источников

1. Синицын И.Н., Титов Ю.П. Оптимизация порядка следования гиперпараметров вычислительного кластера методом муравьиных колоний. // Системы высокой доступности. – 2022. – Т. 18. – №. 3. – С. 23–37. DOI: 10.18127/j20729472-202203-02.
2. Судаков В.А., Титов Ю.П., Сивакова Т.В., Иванова П.М. Применение метода муравьиныхколоний для поиска рациональных значений параметров технической системы // Препринты ИПМ им. М.В.Келдыша. – 2023. – №. 38. – С. 18.
3. Титов Ю.П., Судаков В.А. Модификация асинхронного метода муравьиных колоний для задач поиска рациональных решений параметрической задачи // Труды МАИ. – 2024. – №. 135. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://trudymai.ru/published.php?ID=179694 (дата обращения: 05.05.2024).

УДК 66.067.8.081.3

РАЗРАБОТКА И ТЕСТИРОВАНИЕ АВТОНОМНОЙ ОЧИСТИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ПО ВЫРАБОТКЕ ФЕРРАТА НАТРИЯ ДЛЯ ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ НА МЕСТЕ ПОЛУЧЕНИЯ С ЦЕЛЬЮ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Никитина М.А. (студент, Университет ИТМО)
Научный руководитель: Коняшина А.И. (ООО «Доброхим»)
e-mail: mariam2062006@bk.ru

Рассмотрены современные способы очистки воды, изучены свойства ферратов щелочных металлов и их способы получения, предложена методика выработки феррата натрия для очистки сточных вод от примесей, спроектирована эффективная очистительная установка и проведено ее тестирование на стоках Ханты-Мансийского автономного округа. Таким образом, в статье представлена возможность использования установки по выработке феррата натрия для очистки воды как наиболее эффективное и безопасное решение проблемы загрязнения водных ресурсов.
Ключевые слова: *феррат натрия, очистительная установка, очистка воды, мембранный электролиз, электролизная ячейка.*

Очистка и доочистка сточных вод необходимы в связи с актуальностью проблемы низкого качества сбрасываемых предприятиями вод с повышенными ПДК. Данная проблема провоцирует загрязнение водных объектов и распространение заболеваний [1]. Для того чтобы избежать нежелательных примесей в воде или их остатков, необходим комплексный подход к сформировавшейся проблеме. Помимо очистки воды с нуля, следует избавляться и от образовавшихся вследствие очистки воды хлорированием, как наиболее распространенным методом, железобактерий и канцерогенных соединений. Очистка воды ферратом натрия (Na_2FeO_4) позволит избавиться от нежелательных примесей без опасных побочных продуктов. Железо, окисляясь до валентности 3, выпадает в виде осадка крупными хлопьями и может быть отфильтровано без затруднений. Предлагаемая технология выработки феррата натрия экологична, поскольку ее движущей силой является электричество [2]. Применение феррата натрия в очистке наиболее экономически эффективно в совокупности с хлорированием, поскольку позволяет использовать незадействованную при первичной очистке щёлочь для выработки феррата, что во многом удешевляет гипотетическое производство [3]. Железный анод и катод из нержавеющей стали не требуют крупных затрат по сравнению с существующими методами. Корпус ячейки может быть выполнен из пластмассы, органического стекла, или нержавеющей стали. Вместе с ионообменной мембраной, он подлежит замене через длительное время использования, что не исключает периодических значительных затрат, однако, срок службы мембраны позволяет без затруднений окупать потраченные средства. В настоящее время существует большое количество различных методов очистки воды, однако, во многих регионах России до сих пор актуальна методика хлорирования. В связи с данной тенденцией, повышаются риски сердечно-сосудистых заболеваний, преждевременного старения, онкологии и нарушений работы ЦНС за счёт образования канцерогенных соединений хлора, таких как мутагены и диоксиды [4]. Касаемо транспортировки хлора, она также является затруднительной вследствие риска возможной опасности для человека. Наиболее логичное решение этой проблемы – минимизировать затраты на обеспечение безопасной доставки очистителя к месту применения, что и подразумевает предлагаемая установка. В настоящее время активно используются альтернативные методы химической очистки воды, такие как озонирование и очистка водорода пероксидом. Внедрение систем озонирования эффективно, так как озон при контакте с водой разрушает клетки бактерий и вирусов. Однако, требует значительных финансовых затрат, убивает помимо болезнетворных бактерий полезные. Является потенциально опасным веществом при гипотетических авариях [5]. Водоочистка перекисью, в свою очередь, не всегда эффективна против бактерий и вирусов, что предполагает внедрение дополнительных методов дезинфекции. Пероксид водорода имеет кратковременный эффект и быстро разлагается, что невыгодно за счёт его высокой стоимости. Биологическая же очистка зачастую зависит от

наличия кислорода в воде и требует особых условий поддержания жизнедеятельности бактерий. Важным фактором также является длительное время очистки, что невыгодно для больших объёмов. Данный способ не универсален, так как не подходит для таких видов загрязнителей, как тяжёлые металлы или некоторые химические соединения. Рабочие установки по выработке феррата натрия впервые были предложены Постниковым М.В. (рис. 1 [6]) и Брунманом М.В. (рис. 2 [7]).

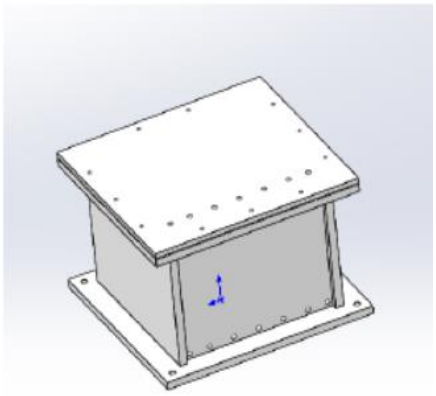


Рис. 1. Модель корпуса электролизера

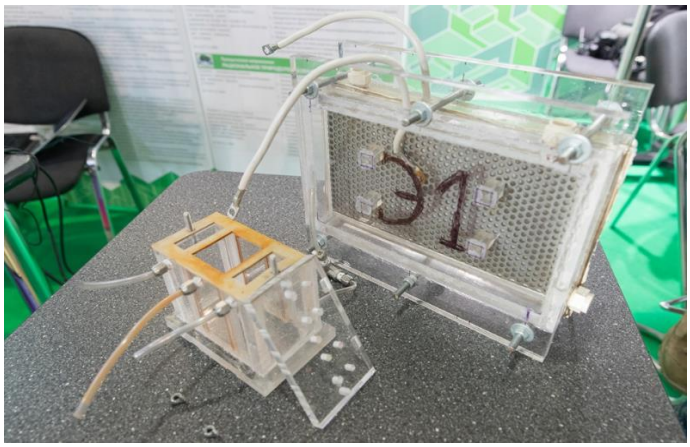


Рис. 2. Комплексный электролизный агрегат

Данные модели представляют собой электролизные ячейки, которые нуждаются в замене электрода и рециркуляции щелочи, дабы предотвратить застои и скопления хлопьев трёхвалентного железа, образовавшегося в результате окисления феррата натрия. В отличие от этих электролизёров, предлагаемая установка может работать автономно за счёт порошкообразного анода, подача которого может быть автоматизирована. Благодаря непрерывному перемешиванию анода исключаются застои и закупорка отверстий ферратом натрия.

Конечной целью проекта является разработка эффективной установки по выработке феррата натрия для его применения на месте получения с целью максимально эффективной водоочистки (рис. 3). Феррат натрия был выбран как наиболее эффективный окислитель. Мембранный электролиз же является наиболее рациональным способом его получения за счет дорогой стоимости производства и взрывоопасности сухого феррата [8]. Мембрана обеспечивает разделение камер электролизёра, что препятствует смешиванию кислорода и водорода, что делает технологию абсолютно безопасной. Предлагаемый метод водоочистки может использоваться самостоятельно или в совокупности с другими водоочистными сооружениями.

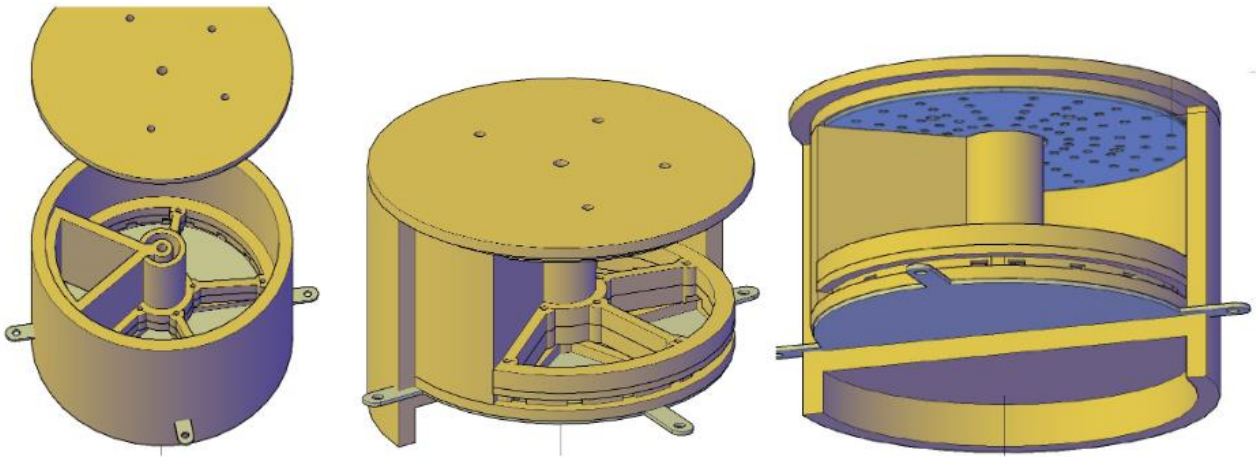


Рис. 3. Очистительная установка

Принцип работы. В специальный отсек засыпается порошкообразный анод. Благодаря механизму нижнего отсека, в момент вращения вертикальной оси и донного диска, порошкообразный анод равномерно распределяется по дну из нержавеющей стали. Феррат натрия, представляющий собой 6-валентное железо, образуется благодаря щелочной среде и электричеству (ток - 1-4 А):

$$Fe+2NaOH+2H_2O \rightarrow Na_2FeO_4+3H_2$$ [9].

Для того чтобы минимизировать окисление феррата в процессе его синтеза, верхняя крышка и катод имеют конусообразную форму. Готовый феррат попадает в гидрозатвор и внешнюю камеру, не включенную в чертеж. В процессе электролиза вода распадается на водород и кислород, которые выводятся из разных частей установки, не смешиваясь. Для повышения выхода по току и снижения энергопотребления было реализовано предотвращение разложения феррата на катоде и проточная выработка феррата с адаптивным изменением производительности благодаря разделению установки на камеры ионообменной мембраной. При электролизе в неразделенной ячейке используется непроточный режим при постоянной токовой нагрузке.

Был произведен тестовый запуск прототипа очистительной установки без вращения центральной оси (рис. 4).

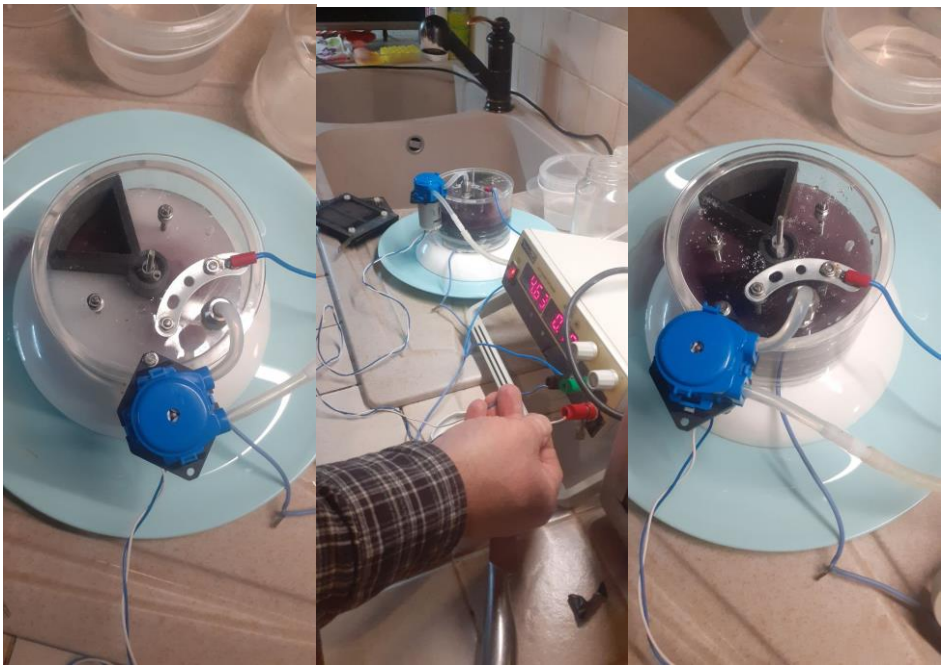


Рис. 4. Тестовый запуск очистительной установки

Был проведён сравнительный микробиологический анализ стоков водоканала Санкт-Петербурга после обработки различными дозами феррата натрия. По предварительным результатам (таблица) для доочистки ферратом (после аэротенков и биологической очистки) достаточна доза в 0,1 мг/л (для доведения воды до состояния удовлетворения требованиям ПДК).

Проведено микробиологическое исследование на среде Эндо питьевой воды из реки Волга при обработке различными дозами феррата натрия (рис. 5). Общие колиморфные бактерии (ОКБ) и термотолерантные колиморфные бактерии (ТКБ) не обнаружены при дозах больше и равных 0,5 мг/л. Количество хлора, необходимое для такого результата, составляет 4,5 мг/л. По итогам анализа, качество воды после обеззараживания раствором феррата натрия концентрацией 0,5 и более соответствует СанПин 2.1.4.1074-0.1.

Таблица. **Результаты микробиологического исследования**

№ пробы	Доза феррата, мг/л	pH после введения и через 15 мин	ОКБ в 100 мл	E.Coli в 100 мл	Колифаги в 100 мл	Энтерокки в 100 мл	Стафилококки в 100 мл
Исх. вода	–	7,8	400000 КОЕ	–	1000 БОЕ	–	–
допустимо	–	9	<1000 КОЕ	<100 КОЕ	<10 БОЕ	<10 КОЕ	10 КОЕ
1	0,1	8,25 (8,15)	<50 КОЕ	<50 КОЕ	0 БОЕ	0 КОЕ	8 КОЕ
2	0,2	8,35 (8,25)	<50 КОЕ	<50 КОЕ	0 БОЕ	0 КОЕ	0 КОЕ
3	0,3	8,49 (8,39)	230 КОЕ	<50 КОЕ	0 БОЕ	0 КОЕ	0 КОЕ
4	0,4	8,80 (8,70)	<50 КОЕ	<50 КОЕ	0 БОЕ	0 КОЕ	0 КОЕ
5	0,5	9,20 (9,09)	230 КОЕ	60 КОЕ	0 БОЕ	0 КОЕ	0 КОЕ
6	0,6	9,49 (9,38)	230 КОЕ	<50 КОЕ	0 БОЕ	0 КОЕ	0 КОЕ

После введения различного количества раствора феррата натрия

1 - 0,5 мг/л, 2 - 1 мг/л, 3 - 1,5 мг/л, 4 - 2 мг/л, 5 - 2,5 мг/л, контрольная проба

Рис. 5. Процесс микробиологического исследования

Обработаны хозяйственно-бытовые стоки Ханты-Мансийского автономного округа (ХМАО) различными концентрациями феррата натрия при температуре -40°С (рис. 6).

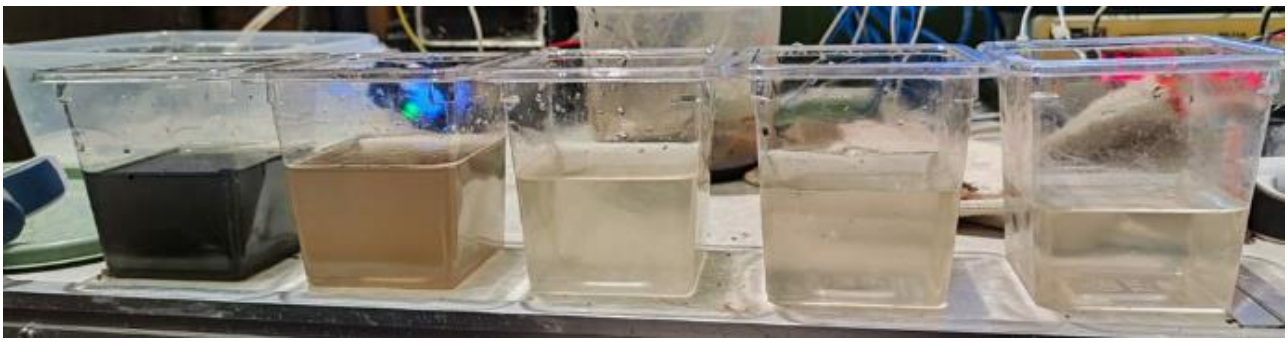


Рис. 6. Стоки ХМАО с разной концентрацией феррата натрия

Проведено микробиологическое исследование озёрной воды на среде Эндо с добавлением феррата натрия и без (рис. 7).

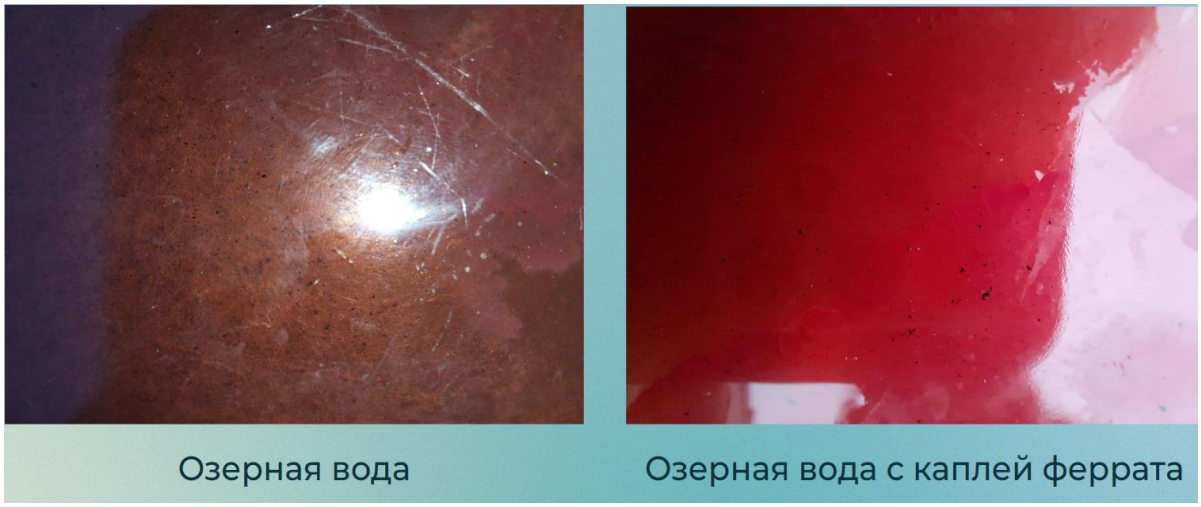


Рис. 7. Микробиологический анализ озёрной воды

Таким образом, очистка воды ферратом натрия эффективна по сравнению с другими методами, использование разработанной очистительной установки требует меньше ресурсов и обладает большей автономией, нежели существующие решения. Предлагаемая технология безопасна для окружающей среды и человека.

Список использованных источников

1. Черниченко И.А., Баленко Н.В., Литвиненко О.Н. Канцерогенная опасность хлороформа и других побочных продуктов хлорирования питьевой воды // Гигиена и санитария. – 2009. – №. 3. – С. 30–35.
2. Аракчеев Е.Н., Брунман В.Е., Брунман М.В., Коняшин А.В., Дьяченко В.А., Петкова А.П., Некрасов Р.Э. Экспериментальное обоснование целесообразности обеззараживания и очистки воды и стоков ферратом натрия // Гигиена и санитария. – 2017. – №. 3. – С. 216–222.
3. Брунман В.Е., Брунман М.В., Дьяченко В.А., Некрасов Р.Э., Петкова А.П. Применение феррата натрия в водоподготовке: исследования, разработки, практика применения // Watermagazine. – 2021. – №. 4(128). – С. 38–43.
4. О хлоре. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://wodoswet.ru/tekhnologii/o-khlore (дата обращения: 09.09.2024).
5. Михневич Э.И., Пропольский Д.Э. Анализ методов обезжелезивания воды и условия их применения // Мелиорация. – 2017. – №. 2. – С. 59–65.
6. Постников Д.В., Дубикайтис А.П., Кравцов Г.С. Расчет производительности электролизера для очистки воды ферратом натрия // Вопросы развития современной науки и техники. – 2021. – №. 5. – С. 170–178.
7. Медиа-центр СПБПУ Политех представил свои разработки на выставке-форуме ВУЗПРОМЭКСПО-2016 // Политех. 2016.
8. Лемеш И.А., Усова Н.Т. Получение феррата натрия электрохимическим окислением железа в щелочном растворе // Химия и химическая технология. – Томск. – 2018. – С. 581–582.
9. Аракчеев Е.Н., Брунман В.Е., Брунман М.В., Коняшин А.В., Дьяченко В.А., Петкова А.П., Некрасов Р.Э. Экспериментальное обоснование целесообразности обеззараживания и очистки воды и стоков ферратом натрия // Гигиена и санитария. – 2017. – №. 3. – С. 216–222.

УДК 528.8.042.3

ВАРИАНТ РАСШИРЕНИЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ КОСМИЧЕСКОЙ ГРУППИРОВКИ «АРКТИКА-М» ДЛЯ ДЕТАЛИЗАЦИИ ПРОГНОЗОВ ПОГОДЫ

Цуркан А.Б. (ученица, МБОУ СОШ №12, г. Королёв, Московская область)
Научный руководитель: Екимовская А.А. (МАИ, БФ «Образование+»)
e-mail: piti55@bk.ru

В настоящее время начала работать космическая группировка метеорологических аппаратов «Арктика-М». Космические аппараты (КА) выведены на высокоэллиптические орбиты типа «Молния» с периодом обращения 12 часов. Планируется дальнейшее расширение системы на таких ортитах. В работе предлагается дополнить группировку космическим аппаратом на более низкой круговой орбите высотой около 10000 км и периодом обращения 6 часов. Обосновано увеличение оптического разрешения и взаимодействие КА в расширенной группировке.
Ключевые слова: *космический аппарат, дистанционное зондирование Земли, орбита, параметры орбиты, трасса, оптическое разрешение, метеорологический прогноз.*

Актуальность задачи наблюдения из космоса северных районов следует из промышленного освоения новых территорий. Северный морской путь значительно сокращает расстояния для морских судов, континентальные морские шельфы содержат большие запасы полезных ископаемых, прогноз погоды нельзя выполнить без оценки состояния Северного Ледовитого океана и атмосферы над ним. Космические аппараты (КА) позволяют быстро оценивать обстановку на Севере, но для этого надо иметь соответствующую группировку. В настоящее время такая группировка создаётся и предполагает размещение четырёх спутников «Арктика-М» на орбитах типа «Молния». Цель работы заключается в построении улучшенных вариантов группировок КА для наблюдения Севера. Например, если группировка «Арктика-М» предполагает четыре спутника, то комбинация высокоэллиптических и более низких круговых орбит может сократить количество КА до трёх. В работе изучены трассы и траектории движения КА в группировках, преимущества орбиты типа «Молния» совмещены с достоинствами круговой полярной орбиты. На конкретных примерах показано, какие географические области северных районов и в какое время могут быть доступны зондированию посредством новой комбинированной группировки КА.

В 1986 году завершилось применение спутников связи типа «Молния», но интерес к высокоэллиптическим орбитам сохранился. В частности, метеорологическая группировка из четырёх спутников «Арктика-М» предполагает использование орбит типа «Молния». Задача этой работы заключается в комбинации различного типа орбит для других группировок КА.

Цель работы заключается в наблюдении северных районов, прежде всего, Северного морского пути. Ранее автором были изучены свойства орбиты типа «Тундра» и предложена новая орбита для наблюдения северной географической полосы вдоль параллели 60-80 градусов [1]. Для этой цели предлагалось использовать высокоэллиптическую орбиту типа «Тундра» [2]. Такая орбита имеет наклонение 63,4 градуса, удаление от поверхности Земли в апогее 47170 км, удаление в перигее 24440 км, долготу восходящего узла 130 (южные широты) или 270 (северные широты) градусов, эксцентриситет 0,27. Орбита «Тундра» предназначена для военных космических аппаратов типа «Око» и «Единая космическая система» (ЕКС). Авторское предложение заключалось в сохранении большой полуоси орбиты, чтобы период обращения был прежним, то есть почти 24 часа, но в увеличении эксцентриситета орбиты, то есть перехода к высокоэллиптической орбите. Перигей предлагается уменьшить до 4000 км, а апогей увеличить до 67610 км. Демонстрационный макет такой орбиты был изготовлен из фанеры для более широких целей обучения баллистике и защищён патентом на полезную модель [3]. На такой орбите КА надолго, на 18 часов, зависает в апогейной области над географической параллелью 63 градуса, что благоприятно для наблюдения её окрестностей. Но недостатком предложенной авторской орбиты является очень большое удаление от поверхности Земли, почти 70000 км.

Первым аналогом для построения новой группировки явилась орбита КА «Молния». Эта орбита имеет наклонение 63,4 градуса, высоту апогея около 40000 км, немного превышающую область ГСО, высоту апогея около 1000 км, эксцентриситет 0,73. Большой эксцентриситет соответствует вытянутой, высокой эллиптической орбите. Долгота восходящего узла -90 градусов для создания рабочей петли трассы над Иркутской областью. На рисунке 1 показана трасса КА «Молния», то есть траектория движения подспутниковой точки на поверхности Земли [4].

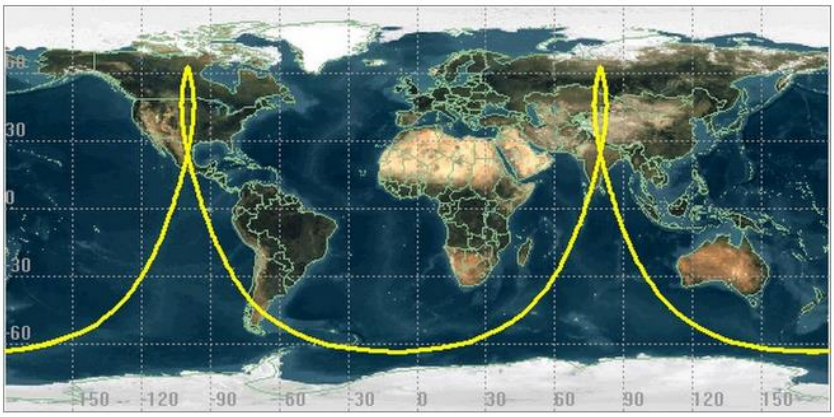


Рис. 1. Трасса КА «Молния»

В работе А.П. Константиновой предлагалось применить эту трассу для изучения экологического состояния озера Байкал, потому что рабочая петля траектории расположена точно над нужной поверхностью Земли [5]. Но эта работа ограничена только одной петлёй трассы КА «Молния», вторая петля, расположенная над Северной Америкой, остаётся пассивной при работе КА. В предлагаемой системе нужно сделать так, чтобы КА активно работал как можно дольше, желательно на всей орбите, то есть вдоль всей трассы на поверхности Земли. В 1986 году завершилось использование КА типа «Молния», но на смену им пришли новые образцы техники. 22 марта 2022 года на орбиту ИСЗ был выведен спутник связи «Меридиан» [6]. Этот КА изготовлен на предприятии им. М.Ф. Решетнёва в Красноярске, рабочая орбита высокая эллиптическая 1000х40000 км, срок активного существования на орбите 7 лет [7].

В орбитальной группировке «Арктика» предусмотрено 10 КА на трёх типах орбит. Два спутника «Арктика-М» выведены на орбиты типа «Молния». Объектом изучения в этой работе являются именно эти спутники, находящиеся на орбитах с апогеем над поверхностью Земли около 40000 км, перигеем около 1000 км и наклонениями 63,3 градуса. Началась работа с анализа трассы этих двух спутников. Так как спутники «Арктика-М» выведены на орбиты типа «Молния», то трасса движения их подспутниковых точек показана на рисунке 1. В апреле 2024 года первые два спутника приняты в эксплуатацию и выдают гидрометеорологические снимки [9].

Особенность орбиты заключается не только в известной петле на трассе, но и в наклонении. При наклонении i = 63,3° перигей не смещается [10]. Именно такое наклонение имеет орбита типа «Молния». Значит, рабочая область трассы, то есть географическая широта петли на трассе, не будет изменяться.

Второе вековое возмущение связано с изменением долготы восходящего узла орбиты КА. Это так называемая прецессия, то есть вращение, плоскости орбиты. Величина прецессии орбиты за один виток определяется по формуле:

$$\Delta\Omega_B = \frac{-2\pi\varepsilon_3}{\mu r^2}\cos i\,.$$

Полярные орбиты не прецессируют [10]. Это свойство можно применить в новой группировке КА.

Гидрометеорологическая аппаратура спутников «Арктика-М» позволяет получать снимки Земли в Северном полушарии с разрешением 1000 м в видимом диапазоне наблюдения и 4000 м в инфракрасном. Такие снимки можно посмотреть почти в реальном масштабе времени, фотографии обновляются каждые сутки [9]. Для примера на рисунке 2 показан снимок земной поверхности 18 августа 2024 года в 08:30. Оригинальная фотография повёрнута и отображена слева направо с целью сохранения привычного формата географической карты и глобуса.

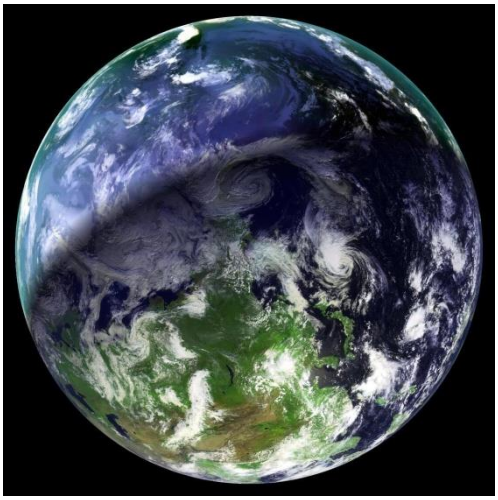


Рис. 2. Фотография Земли (18 августа 2024 г., 08:30, повёрнуто)

Этот снимок выбран из множества других, потому что КА «Арктика-М» находился в вершине рабочей петли над озером Байкал, дуга которого синего цвета хорошо видна в центральной зелёной области. Слева и внизу, почти на краю снимка, видны Чёрное море и Каспийское море. Этот снимок позволяет обозревать весь Северный морской путь, от Карских ворот до бухты Провидения. Мелкий масштаб позволяет видеть зарождающиеся и действующие циклоны и антициклоны. Например, хорошо виден циклон вблизи Аляски и Чукотки. Через сутки, 19 августа этот циклон принёс на Сахалин ливень, настоящий потоп, местами за 2–3 часа выпало 60 мм осадков. Другой циклон хорошо виден над Северным полюсом.

Обобщением результатов является возможность наблюдать глобальные явления в атмосфере Земли. Однако при таком способе ДЗЗ появляется большой недостаток в виде уменьшения разрешающей способности аппаратуры. Чем дальше объектив расположен от Земли, тем мельче изображение, но больше поле зрения поверхности планеты. Геометрически это свойство показано на рисунке 3. Размеры изображений Черного моря, Каспийского моря, озера Байкал не превышают 1–2 см. Увеличить изображение можно только электронным способом, переходом к фотографии с большим разрешением, которая предусмотрена в сервисе снимков с КА «Арктика-М» [9]. При этом надо помнить, что оптическое разрешение всегда лучше цифрового. Значит, надо увеличить оптическое изображение объектов. Содержательная постановка задачи заключается в увеличении качества и детализации фотографий, полученных с КА. Совершенствовать оптическую аппаратуру можно, но для космической техники она работает на пределе своих возможностей. Остаётся искать пути решения задачи с точки зрения физики. Для этого надо воспользоваться понятием линейного увеличения предмета в системах линз. Линейное увеличение рассчитывается по формуле

$$\Gamma = \frac{f}{d},$$

где f – расстояние от оптического центра линзы до изображения предмета, d – расстояние от оптического центра линзы до предмета. Изображение действительное, передаётся на матрицу фотоаппарата, поэтому линейное увеличение положительное, то есть $\Gamma = \frac{f}{d} > 0$.

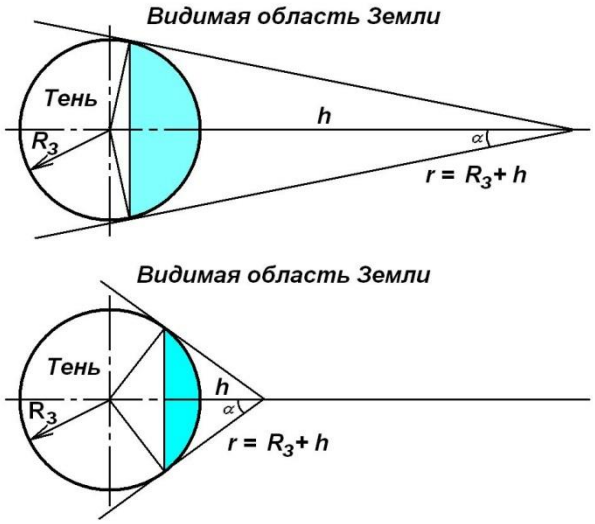


Рис. 3. Увеличение поля зрения при удалении КА

Увеличить изображение предмета можно только одним способом – приблизить КА в объекте. Для этого надо уменьшить высоту орбиты над поверхностью Земли. Например, если высоту рабочей области орбиты уменьшить с 40000 км до 10000 км, то есть в четыре раза, то размер изображения на фотографии тоже увеличится в четыре раза по закону геометрического подобия. Упрощённый геометрический ход лучей для сравнительного анализа этих двух случаев показан на рисунке 5.

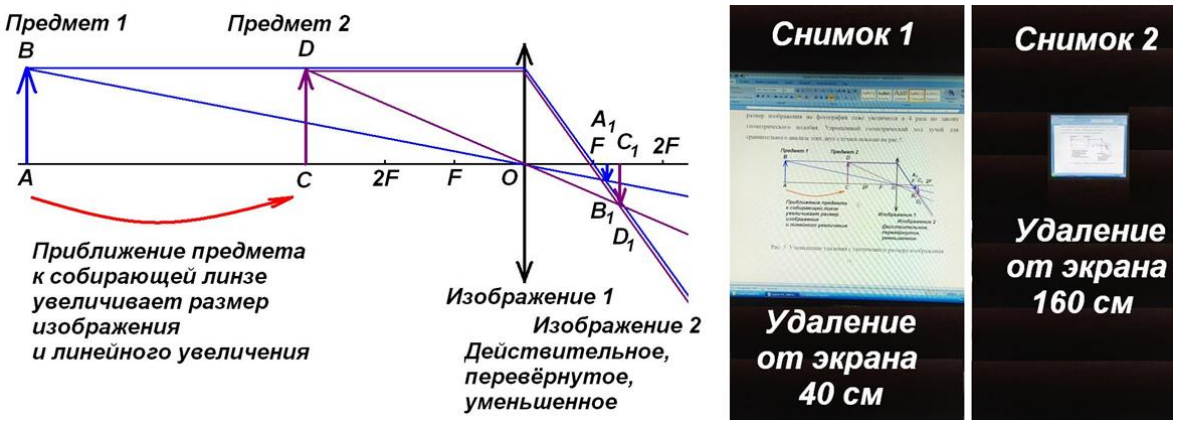


Рис. 4. Уменьшение удаления с увеличением размера изображения

Конечно, в аппаратуре КА применяются сложные линзовые системы, но указанное правило зависимости размера изображения от расстояния до предмета всегда сохраняется. На рисунке 4 справа показан пример двух фотографий компьютерного экрана с предыдущей иллюстрацией. Фотография слева выполнена с расстояния 40 см, а фотография справа – с расстояния 160 см, то есть в четыре раза больше. Электронное увеличение правой фотографии не позволяет прочитать текст на экране, тогда как оптическое увеличение, применённое в левой фотографии, делает информацию вполне доступной.

Таким образом, содержательная формулировка задачи сводится к созданию КА с более низкой орбитой, чем спутники «Арктика-М». В космической группировке «Арктика» есть КА «Арктика-Р» с орбитами высотой 500–800 км над поверхностью Земли. Но эти КА служат для радиолокационного ДЗЗ, имеют очень узкую полосу наблюдения. Необходимо оценить возможность КА на других орбитах.

Предлагается дополнительный КА. Выполненные оценки являются приблизительными, направлены на доказательство необходимости и возможности совершенствования группировки метеорологических спутников в космической системе «Арктика».

Чтобы совместить дополнительный КА с двумя уже выведенными на орбиты спутниками «Арктика-М1» и «Арктика-М2», желательно сделать период уже существующих КА кратным периоду дополнительного спутника, который кратко пока можно именовать термином «Арктика-Д». Сначала есть смысл рассмотреть орбиты с периодами (в часах): 1,5 часа, 2 часа, 3 часа, 4 часа, 6 часов. По третьему закону Кеплера период обращения спутника по круговой орбите с удалением r от центра тяготения вычисляется по формуле [10, с. 71]:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{\mu}}.$$

Так как $r = R_3 + h$, то получаем $T = 2\pi\sqrt{\frac{(R_3+h)^3}{\mu}}$. Из этой формулы выражаем высоту орбиты h над поверхностью Земли: $h = \sqrt[3]{\frac{\mu T^2}{4\pi^2}} - R_3$.

В таблице приведены результаты расчётов высоты орбиты в километрах при общепринятых значениях среднего радиуса Земли R_3 = 6371 (км) и гравитационного параметра Земли μ = 398600 (км^3/с^2).

Таблица. **Периоды обращения и высоты орбит дополнительного КА**

№ п/п	1	2	3	4	5
T, ч	1,5	2	3	4	6
T, с	5400	7200	10800	14400	21600
h, км	282	1688	4189	6422	10392
r, км	6653	8059	10560	12793	16763
α, град	73^0	52^0	37^0	30^0	22^0
Радиус обозрения, км	1833	3889	5086	5547	5808
Радиус обозрения, % от R_3	29%	61%	79%	87%	91%

На рисунке 5 в масштабе относительно реального размера Земли представлены все пять вариантов исследуемых круговых орбит дополнительного спутника «Арктика-Д».

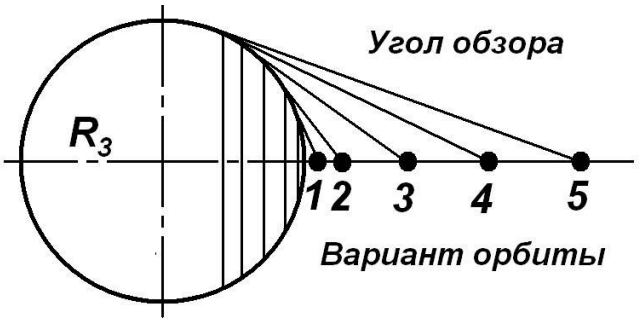


Рис. 5. Пять вариантов для выбора круговой дополнительной орбиты

Первый вариант круговой орбиты с высотой 282 км нет смысла изучать из-за очень узкой полосы обозрения поверхности Земли. Интересен пятый вариант орбиты, потому что он обеспечивает практически такую же область обозрения, как спутники на ГСО, то есть почти всё полушарие. Но высота орбиты пятого варианта в четыре раза меньше рабочей петли типовой орбиты «Молния». Значит, предлагаемый спутник «Арктика-Д» на круговой орбите с высотой 10392 от поверхности Земли и периодом обращения 6 часов будет выдавать в четыре раза более детальные и чёткие снимки по сравнению с работающими КА «Арктика-М1» и «Арктика-М2». Вывод: надо детально изучить пятый вариант орбиты.

Даже без сложных расчётов понятно, что орбита с четырьмя суточными витками, то есть с периодом шесть часов, имеет замкнутую трассу, то есть траекторию движения

подспутниковой точки на поверхности Земли. Это верно также для других вариантов, указанных в таблице, но сейчас изучается только выбранный вариант 5 орбиты с периодом обращения спутника 6 часов.

Для полярной орбиты можно получить аналитическое выражение для трассы КА в виде функции географической долготы от географической широты.

Угловая скорость вращения Земли равна $\omega_З$ = 0,00007292(рад./с). Предположим, что в начальный момент времени КА находится над Гринвичем, то есть на долготе $\lambda_0 = 0°$. Линейная скорость движения КА по орбите всегда перпендикулярна линейным скоростям движения точек поверхности Земли при её вращении. Значит, скорость КА не влияет на закон изменения географической долготы. Функция от времени изменения географической долготы КА имеет вид $\lambda(t) = \omega_З t$. Это линейная функция от времени.

Рассмотрим закон изменения географической широты. При полярной круговой орбите линейная скорость КА равна первой космической скорости, всегда лежит в плоскости меридиана и связана с угловой скоростью вращения КА вокруг центра Земли формулой:

$$v_1 = \omega_{КА} r = \omega_{КА}\left(R_З + h\right).$$

Но линейная скорость движения КА по круговой орбите равна круговой скорости [10, с. 8], поэтому определяется из формулы:

$$v_1 = \sqrt{\frac{\mu}{r}} = \sqrt{\frac{\mu}{R_З + h}}.$$

Значит, угловая скорость КА равна

$$\omega_{КА} = \frac{v_1}{r} = \frac{v_1}{R_З + h} = \frac{1}{R_З + h}\sqrt{\frac{\mu}{R_З + h}} = \sqrt{\frac{\mu}{\left(R_З + h\right)^3}}.$$

Например, для выбранной круговой орбиты с высотой h = 10392 (км) круговая скорость (первая космическая) равна

$$v_1 = \sqrt{\frac{\mu}{r}} = \sqrt{\frac{\mu}{R_З + h}} = \sqrt{\frac{398600}{6371+10392}} = 4,8763\,(\text{км/с}).$$

При этом угловая скорость вращения КА по указанной орбите вокруг центра Земли равна

$$\omega_{КА} = \frac{v_1}{r} = \frac{v_1}{R_З + h} = \frac{4,8763}{6371+10392} = 0,0002909\,(\text{рад./с}).$$

Значит, географическая широта подспутниковой точки на трассе КА изменяется по линейному закону

$$\varphi(t) = \omega_{КА} t.$$

Получили параметрическую систему из двух уравнений с тремя неизвестными, которая задаёт трассу КА:

$$\begin{cases} \lambda(t) = \omega_З t; \\ \varphi(t) = \omega_{КА} t. \end{cases}$$

Для исключения времени делим первое уравнение на второе:

$$\frac{\lambda}{\varphi} = \frac{\omega_З}{\omega_{КА}}.$$

Получаем явную формулу для зависимости географической долготы от географической широты:

$$\lambda = \frac{\omega_3}{\omega_{KA}} \cdot \varphi = \frac{\omega_3 \cdot \varphi}{\sqrt{\frac{\mu}{(R_3 + h)^3}}} = \sqrt{\frac{(R_3 + h)^3}{\mu}} \cdot \omega_3 \cdot \varphi .$$

Это линейная зависимость в географических координатах. На рисунке 6 показана трасса КА с периодом обращения шесть часов, то есть с выбранной орбитой по варианту 5 из таблицы.

Конкретный, численный вид функции на одном монотонном участке получается после подстановки значений величин. Но можно поступить проще, применяя условие суточной замкнутости трассы. Например, для первого участка трассы уравнение имеет вил $\lambda = \varphi/4$, или, что то же самое $\varphi = 4\lambda$.

Следующая задача заключается в совместном изучении трасс предлагаемого дополнительного КА «Арктика-Д» и уже работающих на орбите спутников «Арктика-М1» и «Арктика-М2».

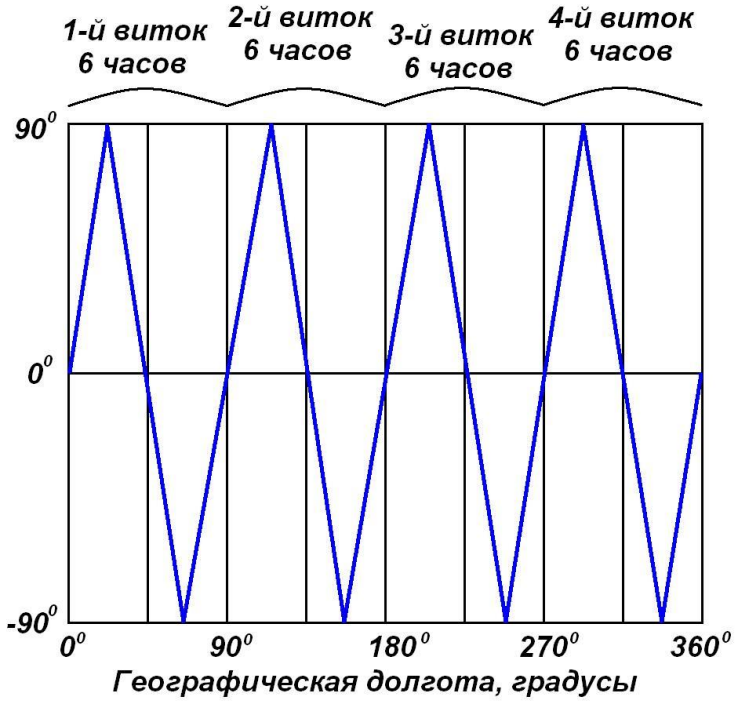


Рис. 6. Трасса КА с полярной орбитой и периодом 6 часов

Для построения новой орбитальной группировки сначала надо изучить аналог, то есть известную группировку КА типа «Молния». Трасса такой орбиты показана на рисунке 1. Подробный анализ орбиты выполнен сотрудниками АО «Космические системы» [11]. Рабочий участок КА продолжается 6 часов, то есть половину периода обращения. Рабочий участок находится на верхней полупетле трассы, то есть вблизи апогея орбиты. Для непрерывного наблюдения полярной области на такой орбите надо иметь два КА. Когда один КА выходит из рабочего участка орбиты, другой КА заходит на него. Но Земля вращается, поэтому область наблюдения изменяется. Для постоянного наблюдения всей полярной области надо 4 КА, у которых выполнено смещение долготы восходящих узлов на 90 градусов. На рисунке 7 показана иллюстрация из статьи [11], но с другой долготой восходящего узла по сравнению с рисунка 1. Чтобы привязаться к КА «Арктика-М» надо знать долготу восходящего узла. Эту информацию удалось найти по реальным снимкам из космоса [9]. Для этого надо медленно выполнить прокрутку шкалы времени, пока не начнётся обратное движение картинки,

зафиксировать фотографию, посмотреть на географическую широту центрального меридиана. Зависание КА происходит над Северной Америкой в области Великих озёр (-110°) и над Иркутской областью (+80°). Середина участка, то есть перигей, (-15°), долгота восходящего узла 75°. При таких значениях условно назовём две точки: «Иркутск» - правая рабочая петля, «Америка» - левая рабочая петля. На одной орбите нет смысла размещать два КА, потому что область наблюдения уходит из-за вращения Земли. Первый КА работает в положении зависания шесть часов, Земля поворачивается на 90°, второй аппарат приходит на смену – ещё такой же поворот. Получается обзор половины географической параллели, только на 180°.

Если долготу восходящего узла двух орбит разнести на 180°, то одновременно в течение шести часов можно наблюдать Северные области с ракурсов «Иркутск» и «Америка», потом 6 часов пассивного участка, затем смена аппаратами тех же объектов наблюдения. В статье [11] сказано, что надо разнести долготу восходящего узла на 90°. Для краткости введём ещё два названия на условные рабочие точки для второй орбиты при таком смещении: «Англия» и «Камчатка». Таким образом, первая орбита имеет рабочие области «Иркутск» и «Америка», вторая орбита имеет две петли «Англия» и «Камчатка». Будем говорить о центральной точке наблюдения, то есть о вершине рабочей петли. Пусть в начальный момент времени первый КА1 смотрит на Северный полюс с ракурса «Иркутск». Тогда второй КА2 находится в перигее, не работает. Через шесть часов КА1, наоборот, уйдёт в перигей, перестанет работать, но начнёт работать КА2 при повороте Земли на 90°, то есть с ракурса «Америка». Ещё через шесть часов КА2 будет в перигее, но КА1 опять будет работать с ракурса «Иркутск». Судя по фотографиям из космоса, два КА, «Арктика-М1» и «Арктика-М2», работают именно в таком режиме. Область Северного полушария просматривается поочерёдно с указанных двух ракурсов. Это показано на рисунке 8 фотографиями из космоса с пояснениями природных явлений. Практически полный охват наблюдения всего Северного полушария одновременно привёл к недостатку фотографий – мелкому визуальному масштабу. Снимки спутников «Арктика-М» выдаются в двух разрешениях: 11136x11136 px (5 Мб) и 1080x1080 px (150 кб) [9]. Разрешающая способность определена на уровне 1 км в видимом диапазоне и 4 км в инфракрасном диапазоне. Такие показатели пригодны для гидрометеорологии, но для технического применения часто требуется их улучшение. Например, визуальное наблюдение кораблей на Северном морском пути требует разрешения 100–200 м. Обеспечить такое наблюдение можно дополнительными КА, который условно будем называть «Арктика-Д».

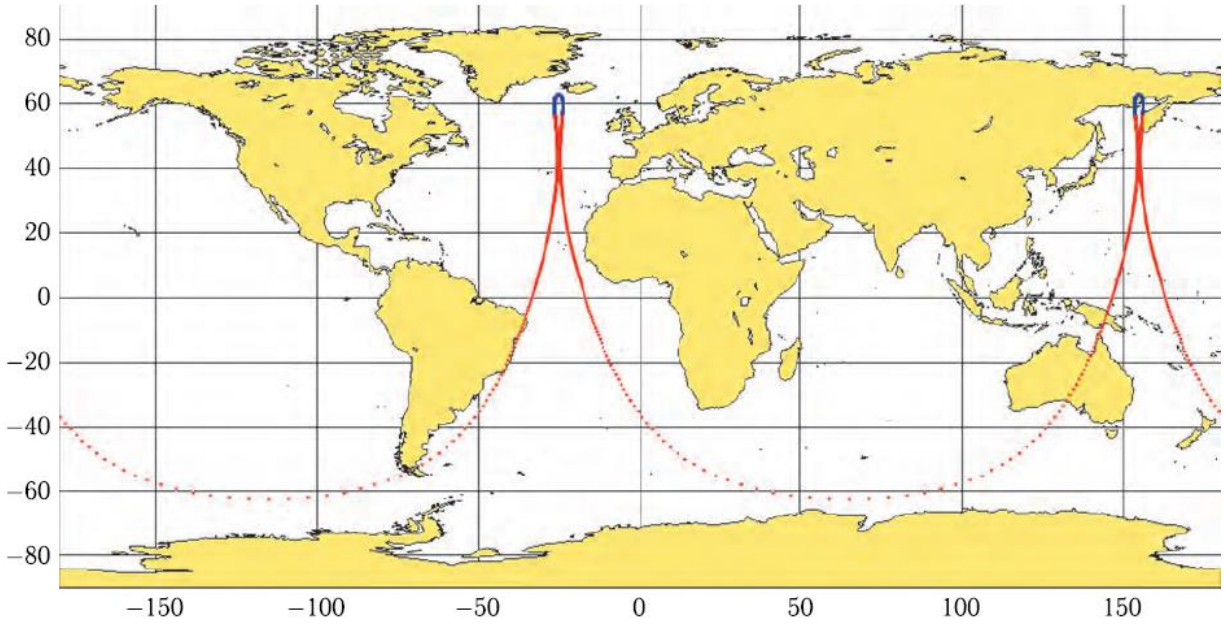


Рис. 7. Трасса КА «Молния» из статьи [11]

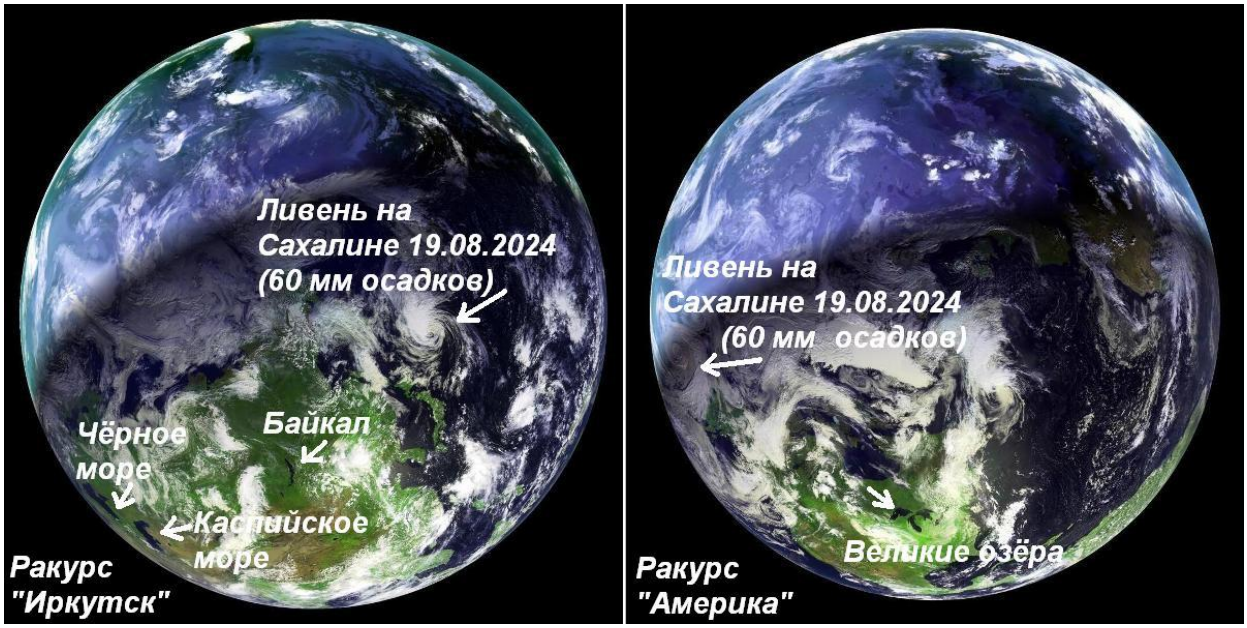


Рис. 8. Два ракурса обзора Северной полярной области

Дополнительный спутник «Арктика-Д» предлагается вывести на круговую полярную орбиту с наклонением i = 90° и высотой над поверхностью Земли h = 10392 км. Период обращения КА по такой орбите равен 6 часов, то есть четверть суток. Суточная трасса орбиты замкнутая, то есть через сутки КА возвращается в исходную точку с начальными географическими координатами. Уменьшение высоты орбиты в 4 раза позволит во столько же раз увеличить разрешающую способность получаемых фотографий. Реально спутника с такой орбитой в группировке «Арктика» не существует – пока это предложение для развития арктической космической системы. Но спутники «Арктика-М1» и «Арктика-М2» выдают реальные фотографии Северного полушария Земли, по которым можно оценить эффект от предлагаемого улучшения космической системы. Для оценки эффекта реальные космические фотографии были увеличены компьютерным способом в четыре раза. Компьютерное увеличение снимков всегда хуже оптического, но для предварительной оценки эффекта вполне допустимо. На рисунке 9 показан увеличенный фрагмент фотографии территории России, приведённой ранее на рисунке 8. Это снимок циклона над Сахалином 19 августа 2024 года, когда на острове за сутки выпало 60 мм осадков [9].

Рис. 9. Увеличенная фотография циклона над Сахалином 19.08.2024

На рисунке 10 показано аналогичное моделирование предлагаемого улучшения космической системы «Арктика», но для Бурятии в тот же день, где бушевали многочисленные пожары в сочетании с разливами рек [9].

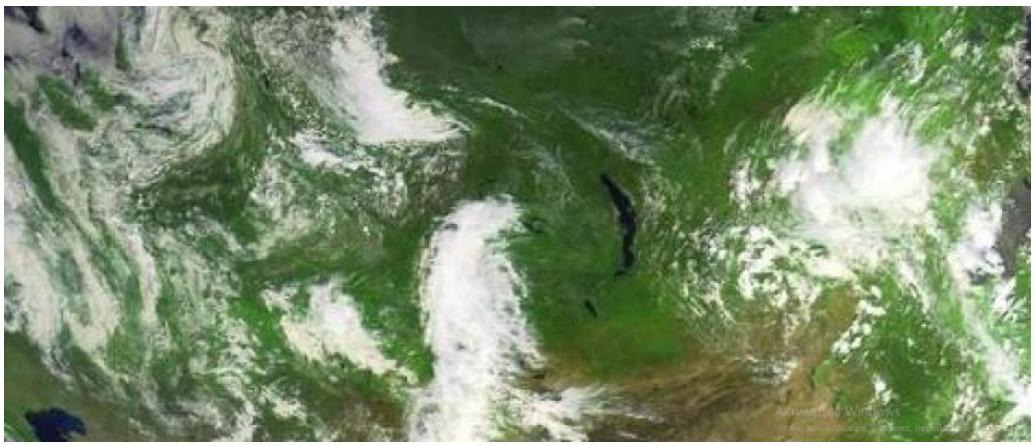


Рис. 10. Увеличенный в 4 раза модельный снимок Бурятии

Наконец, на рисунке 11 показана моделирование увеличенной фотографии области Северного морского пути [9].

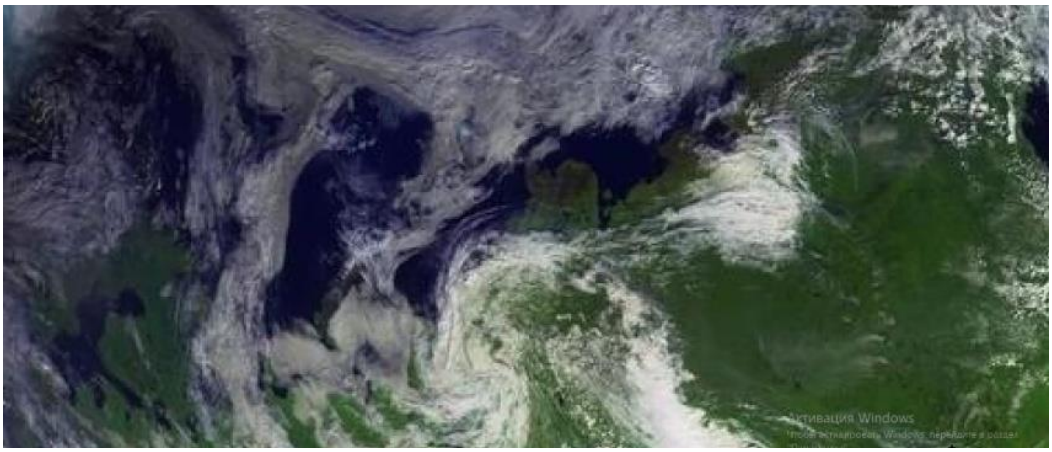


Рис. 11. Увеличенная фотография Северного морского пути

На последнем снимке пока рано говорить о наблюдении конкретных транспортных средств, например кораблей. Однако разрешающая способность снимков возрастает, вполне может стать альтернативой радиолокационным методам ДЗЗ с помощью спутников на «Арктика-Р» на более низких орбитах (500–800 км).

Предлагается систему из двух работающих на орбитах типа «Молния» спутников «Арктика-М1» и «Арктика-М2» дополнить новым спутником «Арктика-Д» на круговой полярной орбите с наклонением i = 90° и высотой над поверхностью Земли h = 10392 км. Период обращения КА по такой орбите равен шесть часов, то есть четверть суток.

На рисунке 12 показано совмещение трасс трёх спутников.

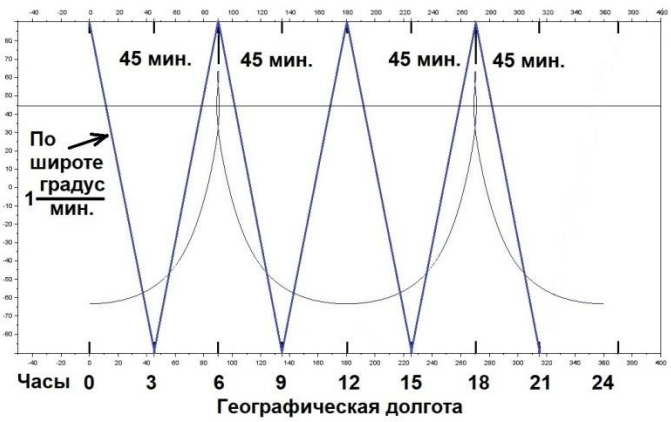


Рис. 12. Совмещение трасс трёх спутников системы «Арктика»

На двух орбитах типа «Молния» находятся спутники «Арктика-М1» и «Арктика-М2». Эти спутники по очереди находятся на рабочих участках-петлях типовой трассы «Молния». Например, первый спутник работает на правой петле шесть часов, потом уходит к перигею, но его на шесть часов заменяет второй спутник на левой петле. Земля за шесть часов поворачивается на 90 градусов, поэтому долгота восходящего узла второго спутника смещена на 90 градусов относительно первого. Как отмечалось ранее, например, на правой рабочей петле КА фотографирует Северную полярную область ракурсом «Иркутск», на левой рабочей петле получается снимок другим КА ракурсом «Америка».

Цель работы – увеличить оптическую разрешающую способность фотографий поверхности Земли из космоса. Эта цель достигается дополнением системы «Арктика», третьим КА, на полярной орбите, трасса которого показана на рисунке 12 пилообразной линией.

Предлагаемая группировка из трёх спутников работает следующим образом. Пусть в начальный момент времени работает первый КА «Арктика-М1» на правой петле апогейной области на ракурсе «Иркутск». Второй КА «Арктика-М2» пассивен, находится в перигейной области. Долгота восходящего узла дополнительного спутника «Арктика-Д» выбрана так, чтобы пики траектории-пилы совпадали с рабочими петлями трассы «Молния». Так как орбита дополнительного спутника «Арктика-Д» круговая, то движение КА по ней будет равномерным. Один зубец траектории-пилы трассы соответствует шести чесам одного оборота по орбите. Половина зубца, восходящая или нисходящая, соответствует трём часам половине витка по орбите. В Северном полушарии четверть восходящего витка составляет 1,5 часа, как и четверть нисходящего витка. Рабочая петля трассы «Молния» начинается приблизительно с северной широты 45 градусов. Значит, в полосе северных широт 45–90 градусов дополнительный КА «Арктика-Д» будет находиться 45 минут на восхождении к Северному полюсу и 45 минут на нисхождении от Северного полюса обратно к граничной рабочей географической параллели 45 градусов. Получается, что совместно с КА «Арктика-М1», работающем 6 часов на ракурсе «Иркутск», будет 1,5 часа работать дополнительный КА «Арктика-Д». Причём дополнительный спутник «Арктика-Д» обладает двумя преимуществами по сравнению с КА «Арктика-М1». Во-первых, высота орбиты в четыре раза ниже, поэтому оптическое разрешение в 4 раза больше, можно даже поставить цель визуального наблюдения кораблей на Северном морском пути. Во-вторых, КА «Арктика-М1» поднимается до максимальной географической широты $63{,}4^0$. Область ДЗЗ ограничена не касательной к сфере поверхности Земли, а отступом от нормали на угол 70^0. Дополнительный спутник «Арктика-Д» поднимается до Северного полюса, с которого ДЗЗ более благоприятно. Более того, два одновременных визуальных наблюдения позволяют выполнить стереосъёмку поверхности.

Через 1,5 часа совместной работы дополнительный КА «Арктика-Д» уходит на пассивный падающий участок трассы. Пассивный – это условно, потому что спутник может продолжать работать автономно, уже не в составе системы «Арктика». Более того, он может работать автономно и в ракурсе «Экватор», и в ракурсе «Антарктика», и в других ракурсах. У созданного и работающего спутника «Арктика-М1» остаётся ещё 1,5 часа автономной работы, как и до подхода к нему дополнительного спутника «Арктика-Д».

Следующий виток орбиты, то есть три часа, для дополнительного спутника «Арктика-Д» является автономным, он в одиночестве зондирует и Северный полюс, и Южный полюс, и два раза Экватор и т.д.

Третий виток, то есть через шесть часов от начала отсчёта, Земля поворачивается на 90°, второй существующий спутник «Арктика-М2» начинает работать на левой рабочей петле трассы на ракурсе «Америка», работает автономно 1,5 часа, а потом по трассе через полтора часа после начала работы к нему подходит дополнительный спутник «Арктика-Д». Начинается 1,5 часа совместной работы спутников, как для более качественных по оптическому разрешению снимков, так и для стереосъёмки поверхности Земли. Через полтора часа совместной работы дополнительный спутник «Арктика-Д» уходит на юг, ниже 45° северной широты, существующий спутник «Арктика-М2» продолжает полтора часа работать автономно, как ранее, без дополнительного спутника.

Четвёртый виток дополнительно спутника «Арктика-Д» выполняется автономно, не в составе группировки «Арктика-М».

С пятого витка циклограмма работы повторяется. Пятый виток аналогичен первому, шестой – второму, и так далее. Цель достигнута.

С помощью одних формул трудно понять взаимное расположение спутников на трёх орбитах. Намного проще изготовить наглядную демонстрационную модель, как это было сделано при изучении орбит типа «Тундра» [3]. Новая модель, как и предыдущая, подготовлена к патентованию в качестве учебного пособия. Вид модели показан на рисунке 13.

На фанерной подставке размером 12х12 см с помощью гаек и шайб закреплена шпилька длиной 20 см. На неё навёрнута ограничительная гайка (не видна под пенопластовой моделью Северного полушария Земли). Каждая из моделей трёх орбит выполнена из проволоки диаметром 2 мм. Эллипсы имеют размеры приблизительно 50х35 см, что соответствует эксцентриситету приблизительно 0,7, то есть как у орбиты типа «Молния». Окружность из проволоки имеет диаметр приблизительно 33 см. Модель Северного полушария Земли сделана из пенопласта, имеет диаметр приблизительно 12 см. Такие размеры соответствуют географическому масштабу в 1 см 1000 км, то есть 1:100000000. Следовательно, изготовленная модель отражает реальные размеры космической системы «Арктика-М». Оба проволочные эллипса на уровне фокуса, примерно в 8 см от вытянутого края, пропущены через отверстия диаметрами 2 мм в рейке сечением 10х10 мм. Рейки моделируют линии узлов эллиптических орбит. Для полярной круговой орбиты моделировать линию узлов не надо, она простая и наглядная без дополнительных деталей. Вся система собирается, а потом свободные концы проволоки попарно замыкаются и фиксируются маленькими фанерными брусками 1х1х1 см, которые одновременно моделируют космические аппараты. На одном проволочном эллипсе брусок-фиксатор устанавливается в точке апогея, на другом – в точке перигея. На круговой проволоке фиксатор моделирует движение КА вместе с поворотом окружности. В рейках – моделях линий узлов выполнены отверстия диаметром 8 мм так, чтобы надеть рейки на шпильку – ось вращения Земли, но сохранить при этом наклонение орбит приблизительно 60°. На пенопластовой модели Земли нанесены четыре ракурса наблюдения, из которых используются два: «Иркутск» и «Америка». Другие два ракурса, «Камчатка» и «Англия» нужны для развития модели, если будут реализованы следующие два плановых спутника «Арктика-М3» и «Арктика-М4». Модель готова. Собрана из подручных материалов за полтора-два часа. Собранная модель позволяет наглядно представить циклограмму работы трёх спутников. Эта циклограмма составлена ранее, но теперь её удобно представить в виде схемы, как это сделано на рисунке 14.

Работа трёх спутников по указанной циклограмме приведена ранее. Коэффициент загрузки спутников «Арктика-М1» и «Арктика-М2» равен 0,5. У предлагаемого дополнительного спутника «Арктика-Д» он меньше, равен 0,25, но на самом деле этот КА способен решать другие задачи на всей своей орбите, например ДЗЗ Антарктиды. Следовательно, за счёт комплексного применения аппаратуры дополнительного спутника «Арктика-Д» коэффициент его загрузки может достигать практически единицы.

Выводы

1. Предложено дополнить созданную систему из двух спутников «Арктика-М1» и «Арктика-М2» третьим, дополнительным, спутником, условно названным «Арктика-Д».

2. Систему спутников «Арктика-М» планируется довести до четырёх, со временем добавив к ним КА «Арктика-М3» и «Арктика-М4». Но вместо двух новых спутников сначала вполне можно обойтись одним предлагаемым «Арктика-Д».

3. Дополнительный спутник «Арктика-Д» выводится на полярную круговую орбиту с высотой над поверхностью Земли около 10000 км и периодом обращения строго 6 часов.

4. Суточная трасса дополнительного спутника «Арктика-Д» замкнута, что упрощает совместную работу системы из трёх КА.

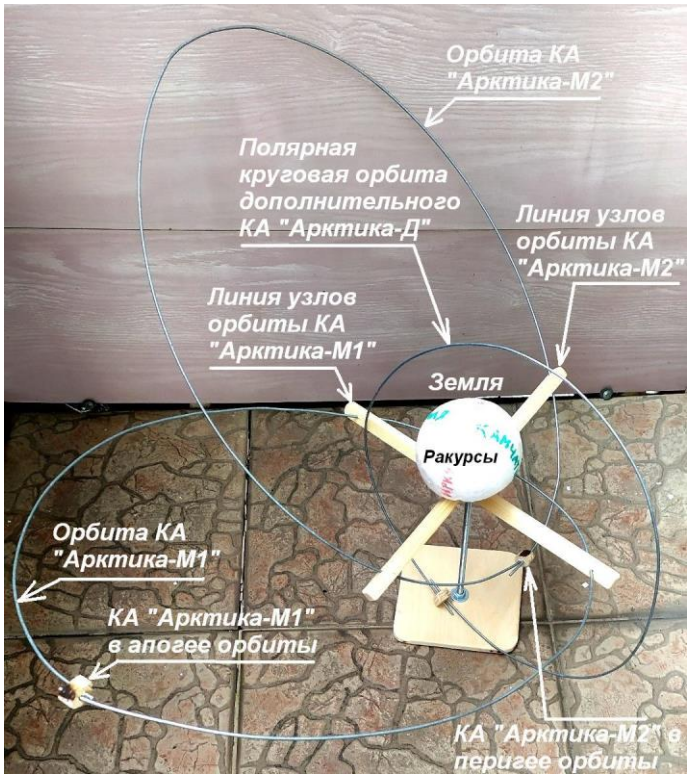


Рис. 13. Демонстрационная модель отбит трёх спутников

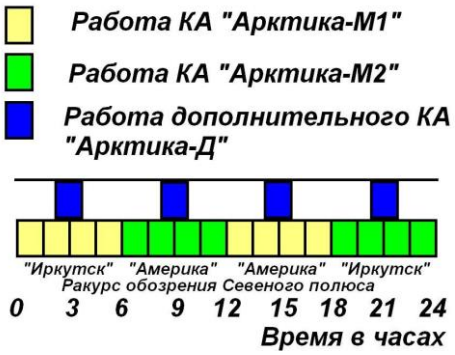


Рис. 14. Циклограмма работы трёх спутников

5. По отношению к спутникам «Арктика-М1» и «Арктика-М2» высота орбиты дополнительного спутника «Арктика-Д» ниже в 3–4 раза. Во столько раз увеличивается оптическое разрешение фотографий, полученных из космоса.

6. Дополнительный спутник «Арктика-Д» работает с каждым из КА «Арктика-м1» и «Арктика-М2» по 1,5 часа на рабочей петле их трассы с продолжительностью рабочих участков по 6 часов. То есть на 25% дублирует снимки изображениями с более высоким разрешением, в 3–4 раза, и обеспечивает возможность создания стереографических картинок.

7. Дополнительный спутник «Арктика-Д» имеет комплексное назначение, способен выполнять ДЗЗ на только в Северных районах, но над всей поверхностью Земли.

8. Выведение на орбиту дополнительного спутника «Арктика-Д» проще, чем КА «Арктика-М», с энергетической точки зрения, то есть из-за уменьшения большой оси (диаметра) орбиты в полтора раза.

Список использованных источников

1. Цуркан А.Б. Геозондирование Северного морского пути космическими аппаратами с вытянутыми эллиптическими орбитами / Всероссийская научно-практическая конференция им. Жореса Алфёрова: сборник тезисов статей. – М.: Издательство «Директ-Медиа», 2023. – 248 с. – С. 87–88.
2. Российские военные выведут на орбиту «Тундра». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://topwar.ru/152970-rossijskie-voennye-vyvedut-na-orbitu-tundru.html (дата обращения: 25.07.2024).
3. Патент на полезную модель RU 223012 U1, Российская Федерация, МПК G09B 27/02 (2006.01) Демонстрационный макет для изучения орбит космических аппаратов / Цуркан А.Б. Заявитель и патентообладатель. – №2023126392; заявл. 16.10.2023; опубл. 26.01.2024, Бюлл. №3. – 14 с.: ил.
4. Карта полёта спутников. Обновлено 11 августа 2024 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://life-styling.ru/karta-poleta-sputnikov (дата обращения: 11.08.2024).
5. Константинова А.П. Космический мониторинг района озера Байкал / Наука и инновации в технических университетах: Материалы Тринадцатого Всероссийского форума студентов, аспирантов и молодых учёных 23–25 октября 2019 г. - СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2019. – 169 с. – С. 84–86.
6. Что известно о спутнике «Меридиан М»? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://aif.ru/society/science/chto_izvestno_o_sputnike_meridian_m (дата обращения: 27.07.2024).
7. Космический аппарат «Меридиан». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.iss-reshetnev.ru/spacecraft/spacecraft-communications/meridian (дата обращения: 27.07.2024).

8. Многоцелевая космическая система «Арктика». [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://subscribe.ru/archive/media.today.defense/201610/19000524.html/ (дата обращения: 27.07.2024).
9. Арктика-М. Планета Земля за последние сутки. Скачайте самые свежие снимки планеты Земля. [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://arctic.ntsomz.ru/ (дата обращения: 27.07.2024).
10. Авдеев Ю.Ф., Беляков А.И., Брыков А.В. и др. Полёт космических аппаратов: Примеры и задачи: Справочник / Авдеев Ю.Ф., Беляков А.И., Брыков А.В. и др. Под общ. ред. Г.С.Титова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1990. – 272 с.: ил.
11. Гектин Ю.М., Смелянский М.Б., Сулеманов Н.А. и др. АО «Российские космические системы», Москва. Первые результаты работы аппаратуры МСУ-ГС/ВЭ на КА «Арктика-М» №1 / Журнал «Ракетно-космическое приборостроение и информационные системы», 2022, т.9, вып.1. – С. 30–41.

УДК 004.418

РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС РАСТРОВОГО ГРАФИЧЕСКОГО РЕДАКТОРА «СОВВИ»

Чудинова М.А. (студент, РТУ МИРЭА)
Научный руководитель: учитель информатики высшей квалификационной категории
Хамбалеева А.Ю. (МБОУ «Гимназия №1», г. Нижневартовск)
e-mail: chudinova-olimp@yandex.ru

Статья описывает разработку универсального графического редактора для обучения школьников всех возрастов основам компьютерных технологий. "Совви" отличается простотой использования и подходит для применения в разных предметах, в том числе в дистанционном обучении. Разработка проходит с учетом обратной связи от пользователей, что позволяет постоянно улучшать функционал и интерфейс. В будущем планируется оптимизация приложения для мобильных устройств и внедрение в школьные программы по информатике.
Ключевые слова: *растровый графический редактор, программирование, система образования, базы данных, SQL, DB-API, Python.*

Графический редактор – программа позволяющая создавать, просматривать, обрабатывать и редактировать цифровые изображения на компьютере. Графические редакторы делятся на два типа по способу построения изображений: векторные и растровые. С помощью растровой графики создаются изображения, представляющие собой матрицу пикселей. Единицу пикселя характеризуют яркостью, цветом и прозрачностью [2]. Растровые изображения создаются и редактируются с помощью множества различных растровых графических редакторов.

Анализ основных технических характеристик наиболее распространенных редакторов представлен в таблице 1.

Таблица 1. **Сравнительная характеристика наиболее распространенных растровых графических редакторов**

Критерий сравнения	MS Paint	The GIMP	Snapseed	Krita
Страна	США	США	США	США
Год	1985	1995	2011	2005
Платформа	Windows	Windows	Windows, Android, iOS, OS X	Windows
Системные требования	Видеокарта с поддержкой 3D, 64 mb	Процессор: Pentium IV, от 700 MHz или AMD AthlonXP от 700 MHz	Процессор: Intel или AMD, актуальные драйвера	1.6Ghz dual- core CRU
HDD	250МБ	100МБ	4 Gb	300МБ
ОЗУ	1 Gb	512МБ	2Gb	2Gb Дополнительно: 4 GB System

Данные анализа показывают, что наиболее популярные растровые редакторы на различных платформах имеют американское происхождение. Единственная российская разработка графического редактора – «AliveColors», однако данный цифровой продукт позволяет только редактировать фотографии, поэтому не закрывает потребностей рынка в сфере растровых графических редакторов.

Разработка приложения соответствует целям и задачам федерального проекта «Успех каждого ребёнка», который направлен на обеспечение равного доступа детей к актуальным и востребованным программам дополнительного образования, выявлению талантов каждого ребенка и ранней профориентации обучающихся [1].

Ввиду чего создание редактора актуально по ряду причин:

– в соответствии с ФГОС среднего общего образования программы для работы с растровой графикой и изображениями осваиваются на базе MSPaint. На данный момент в этом

сегменте не существует отечественных аналогов программы, поэтому продукт будет востребован с учетом курса государства на импортозамещение [5];
- с увеличением темпов цифровизации пользователи начинают ценить оперативность работы и минимизацию объема, который будет занимать программа на их устройстве, наше решение будет удовлетворять запросу аудитории;
- даже в условиях самоизоляции и неблагоприятных погодных условий важно продолжать учебный процесс, здесь на помощь приходит применение дистанционных технологий.

Разработка стабильных графических редакторов будет пользоваться повышенным спросом при переходе на дистанционное обучение.

Социальная значимость проекта заключается в его практической применимости в образовательном процессе в виде:
- обучения школьников 1–4 класса основам работы с графическими редакторами;
- программа позволяет использование на уроках математики при изучении фигур или объяснении формул;
- отработки практических навыков использования быстрых клавиш (5–6 класс);
- ранней профориентации школьников 7–8;
- иллюстрации графиков функции в курсе алгебры;
- использования приложения при подготовке к темам планиметрии, встречающимся в экзаменах (ОГЭ, ЕГЭ);
- развития аналитических способностей среди параллелей 9–11 классов путем изучения языка программирования python и внесения предложений по доработке кода программы;
- практики реверс-инжиниринга (reverse-инжиниринг) для учеников старших классов на основе анализа данного приложения, что позволит выявить детей, заинтересованных в участии в соревнованиях по CTF, поскольку направление информационной безопасности и защиты данных актуально в условиях санкционного давления и цифровизации множества социальных сервисов;
- создания условий для выявления и поддержки детей, проявляющих интерес и способности к программированию и информационным технологиям.

Экономическая рентабельность программы высокая, достигается путём минимальных денежных затрат на её разработку. Достоинством в эксплуатации выступает отсутствие необходимости покупки и продления лицензии на использование определенной операционной системы для корректной работы приложения.

Для разработки редактора был выбран язык программирования Python, так как в работе необходимо подключение дополнительных модулей, наличие встроенных библиотек, а также важна возможность применения программы на различных платформах. У автора имеется обширный опыт работы с данным языком программирования, успешно реализованные проекты, что повышает качество создаваемого конечного продукта. Использование Python позволяет применять программу для практики реверс-инжиниринга в средних классах школы, поскольку в большинстве школ в курсе информатики в качестве языка программирования преподается именно он. В процессе написания программного кода приложения были изучены открытый исходный код существующих аналогичных программ и документация языка. Код реализованной программы структурирован и разделен на иерархию классов, что позволяет создавать множество независимых друг от друга объектов. Основа приложения состоит в классе «Window», который имеет центральный виджет «Canvas» (здесь реализовано рисование). Помимо этого созданы пять классов различных геометрических фигур, при рисовании которых вызывается метод класса «draw» [3]. Для приближения к реальному функционалу растрового графического редактора были реализованы следующие функции:
- сохранение и открытие файлов;
- отмена и возврат последних действий.

Все инструменты, окна и другие элементы интерфейса приложения проекта имеют своё сочетание клавиш для их вызова. Реализованы общепринятые сочетания для функций сохранения, открытия, создания, отмены и возвращения и т. д.

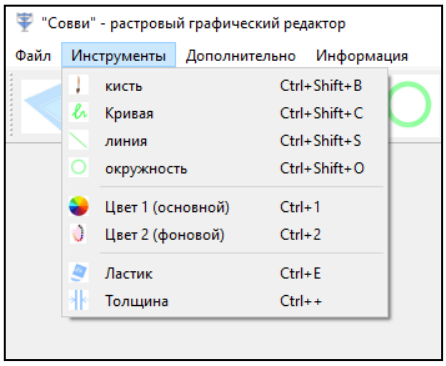


Рисунок. Скриншот интерфейса программы

Функционирование приложения невозможно без привлечения средств для структурированного хранения данных. В рамках проекта использовалась Python DB-API, модуль для работы с анализом данных sqlite3, ее выбор был основан на простоте внедрения и высоких показателях эффективности. База данных состоит из 3 таблиц, при инициализации программы в них установлены значения по умолчанию, данные могут изменяться пользователем в ходе рисования. Управление базой данных реализовано путем вызова функций с аргументами и языка SQL.

Важной частью разработки являлся интерфейс программы, так как ее применение планируется в ходе образовательного процесса, оформление должно быть ярким и понятным даже младшему школьнику. В приложении интерфейс представлен иконками инструментов укрупненного формата, также в помощь пользователю нами был реализован функционал выведения подсказок о работе программы при наведении курсора на панель

Разработанный редактор имеет ряд преимуществ перед импортными аналогами, так как собрал в себе большинство из необходимых функций для проведения занятий с применением дистанционных технологий. Многофункциональность позволяет создавать рисунки, схемы, графики. Легкость в освоении дает возможность использовать редактор пользователю любого возраста. Информационность подтверждает наличие справочника с формулами. Универсальность заключается в возможности применения в любой дисциплине школьного курса: приложение позволяет работать с готовыми изображениями, строить графики функций.

Процесс инсталляции и инициализации программы оптимизирован для пользователей ПК, не имеющих установленных файлов языка программирования, путем создания standalone приложения. Таким образом, установка приложения доступна более широкой аудитории.

На основе финальной разработки представим технические требования к установке данного приложения на компьютере пользователя, с которыми вы можете ознакомиться в таблице 2.

Таблица 2. **Основные характеристики разработки**

	«Совви»
Страна	Россия
Год	2023
Платформа	Любая ОС на ПК
Системные требования	Минимальные системные требования: свободное место на диске (не менее 150 МБ), видеокарта с поддержкой 2D
HDD	150 МБ
ОЗУ	50 МБ
Возрастное ограничение	0+

На данный момент проект был внедрен в тестовом режиме в образовательную среду. Редактор «Совви» – одна из технологий, способствующих развитию образовательной среды МБОУ «Гимназия №1». Приложение было включено в дополнительные образовательные программы на все уровни обучения, ориентированные на освоение обучающимися: компьютерных технологий, 3D моделирования, прототипирования. Ключевыми показателем в определении эффективности разработанного приложения является его универсальность и

отсутствие возрастных ограничений, простата в освоении дает возможность использовать его на уроках математики, планиметрии, геометрии и других дисциплин.

В ходе внедрения и применения разработанного редактора в рамках курса «Дополнительная информатика» 1–11 классами проведен опрос среди обучающихся и преподавателей, с целью получения обратной связи от пользователей. В опросе приняли участие 152 респондента. В результате были получены не только высокие оценки, но и следующие предложения в части улучшения интерфейса программы:

- добавление персонализации, а именно – аккаунт пользователя и индивидуальные настройки;
- возможность пользователю добавлять собственный фон на холсте;
- создание новых фигур – прямоугольники, квадраты, ромбы;
- дополнение раздела со справочными материалами;
- приближение картинки, а также настройка размеров изображения.

Помимо дополнительных занятий приложение было протестировано в период перехода на дистанционное обучение – редактор использовали учителя алгебры, геометрии и начальных классов для демонстрации материала. По результатам обратной связи были внесены незначительные изменения в интерфейс приложения:

- увеличены иконки на панели меню;
- упрощен дизайн панели управления (сведен к минимализму).

В настоящее время разработка отечественного ПО для всех сфер жизни является приоритетом государства. Поэтому растровый графический редактор соответствует тенденциям в сфере информационных технологий. Релевантность предлагаемого решения заключается в соответствии технических характеристик запросам потребителя: интерфейс разработанного редактора удобен, прост, наглядно отображает возможности, адаптирован к мониторам с высокой плотностью пикселей, что позволяет освоить приложение пользователю любого возраста и уровня владения ПК [4]. Работа с обратной связью от пользователей, позволяет усовершенствовать и сделать интерфейс наполненным не только ключевыми функциями редактора, но и более востребованными у пользователей.

В настоящий момент прорабатывается возможность оптимизации программы под язык C++. Данное решение позволит перевести редактор в разряд наиболее компактных и быстрых приложений. В перспективе, для выхода на рынок мобильной разработки и публикации в магазине приложений «Rustore», программа может быть оптимизирована под операционную систему Android. Впоследствии планируется внедрение «Совви» в качестве основного приложения для освоения образовательных программ в курсе информатики в школах РФ, в соответствии с ФГОС.

Список использованных источников

1. Распоряжение об утверждении методических рекомендаций о реализации проекта «Билет в будущее» в рамках федерального проекта «Успех каждого ребенка») // Собрание законодательства РФ", 19.05.2008, N 20, ст. 2383. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ioe.hse.ru/data/2020/07/17/1597041961/ФП%20Успех%20каждого%20ребенка.pdf (дата обращения: 20.06.2024).
2. Учебный элемент по информатике «Редактирование изображений в растровом графическом редакторе» / В.А. Масленкова, К.Г. Горячева, Д.А. Пешкова [и др.]. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. – 2016. – №. 30.1 (134.1). – С. 9–13.
3. Михалина А.Д. Технологии компьютерной графики и их практическая реализация / А.Д. Михалина, Т.С. Логвинова, Н.В. Польшакова. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. – 2017. – №. 2 (136). – С. 58–61.
4. Васильев А.В. Растровый редактор - инструмент и среда работы 2d художника // Декоративное искусство и предметно-пространственная среда. Вестник МГХПА. – 2021. – №. 4–2. – С. 104–112. DOI: 10.37485/1997–4663_2021_4_2_104_112.
5. Гусев В.В., Гусев И.В., Шиганова М.В. и др. Растровые редакторы и их возможности // Научное сообщество студентов XXI столетия. Технические науки: Электронный сборник статей по материалам LIX студенческой международной научно-практической конференции. Т. 11(58). Часть 2: Ассоциация научных сотрудников "Сибирская академическая книга", 2017. – С. 27–29.

Оглавление

Биоинженерия от цифровых решений до практического применения 5

Бабаева Г.М., Васильева П.О.
ПОЛУЧЕНИЕ БИОДЕГРАДИРУЕМЫХ ПОЛИМЕРНЫХ ПОКРЫТИЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ СЕМЯН НА ОСНОВЕ НИЗКОМОЛЕКУЛЯРНОГО ХИТОЗАНА 5

Бурмакина П.Г., Журавлева Д.М., Ереско С.О.
ВОЗДЕЙСТВИЕ АЗИТРОМИЦИНА НА ВРОЖДЕННЫЙ ИММУННЫЙ ОТВЕТ В ГИППОКАМПЕ КРЫС ПРИ ХРОНИЧЕСКОЙ АЛКОГОЛИЗАЦИИ 13

Гуляева А.Ю.
ГЕНОМНЫЙ ПРОФИЛЬ ФИТОСТИМУЛИРУЮЩЕЙ БАКТЕРИИ РОДА BACILLUS: РОЛЬ НЕРИБОСОМАЛЬНЫХ ПЕПТИДОВ В МОДУЛЯЦИИ РОСТА И РАЗВИТИЯ РАСТЕНИЙ..... 21

Дмитриева Д.В.
РАЗРАБОТКА НОВОЙ МЕТОДИКИ КОНТРОЛЯ ВЫБРОСОВ ТРИТИЯ В АТМОСФЕРУ И ОЦЕНКА ИХ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ 25

Фатеев А.Д., Козырева Е.С.
ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ САМОВОССТАНАВЛИВАЮЩИХСЯ ГИДРОГЕЛЕЙ В МЕДИЦИНЕ..... 30

Мсукар С.
НОВАЯ МЕТОДИКА ОБРАБОТКИ ПУЛЬСОВОЙ ВОЛНЫ ДЛЯ ОТСЛЕЖИВАНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ В СОСТОЯНИИ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ ЧЕЛОВЕКА 37

Талибуллина К.И. Пецух Г.Р.
ТРЕНДЫ В РАЗРАБОТКЕ БИОРЕЗОРБИРУЕМЫХ КАРКАСОВ 42

Ульянова Е.С., Махмудов М.Г.
РАЗРАБОТКИ ДЛЯ ПРОТОТИПА БИОНИЧЕСКОГО ПРОТЕЗА И МОДЕЛЬ, ОПИСЫВАЮЩАЯ СВОЙСТВА РУКИ 45

Инфохимия: междисциплинарный подход к фундаментальным и практико-ориентированным исследованиям 49

Павлова А.А., Малеева К.А., Москаленко И.В., Смирнов Е.А.
НАНОЧАСТИЦЫ ЗОЛОТА КАК ОСНОВА СЕНСОРНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ РАМАНОВСКОЙ СПЕКТРОСКОПИИ..... 49

Сафронова Т.М.
ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ И АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА МОДИФИЦИРОВАННЫХ УЛЬТРАЗВУКОМ ЧАСТИЦ МАГНИЯ..... 55

Прикладная оптика 60

Нежевенко С.С., Кукушкин Д.Е.
РАЗРАБОТКА МЕТОДА АНАЛИЗА ВОЛНОВОГО ФРОНТА ДЛЯ ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ, СОДЕРЖАЩИХ ИЗОТРОПНЫЕ СРЕДЫ, С УЧЁТОМ ВЛИЯНИЯ ПОЛЯРИЗАЦИИ ПАДАЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ 60

Техническое зрение.....63

Сухов А.С., Бавшин Т.Р.
ИЗУЧЕНИЕ ИНСТРУМЕНТОВ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕФЕКТОВ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ 63

Аналитика больших данных.....69

Асқар Ө.Н., Тұймебай Ж.Қ.
РАСПОЗНАВАНИЕ АУДИОЗАПИСИ С ПОМОЩЬЮ AMAZON TRANSCRIBE.....69

Ахмад Мохамед Сабер Абдулхамед
AUTO HYBRID META LEARNING WITH GENETIC ENSEMBLE LEARNING FOR INTRUSION DETECTION IN IOT NETWORKS 72

Батыршина Я.А.
МЕТОД ОБРАБОТКИ СЕНСОРНЫХ ДАННЫХ С УЧЕТОМ СЕМАНТИЧЕСКОЙ ИНТЕРОПЕРАБЕЛЬНОСТИ 83

Бучаев А.Я.
ФОРМАЛЬНЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОРОГА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ПРИ ВЫЯВЛЕНИИ АНОМАЛИЙ В СИСТЕМАХ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ 87

Иманкулов А.А.
МАРТИНГАЛЬНЫЙ КРИТЕРИЙ ОСТАНОВКИ В ОПТИМИЗАЦИИ ГИПЕРПАРАМЕТРОВ 93

Кармыков М.И.
TELEGRAM BOT – ПРОСМОТР ОСТАТКОВ ТОВАРОВ НА СКЛАДЕ 97

Козлова Т.С.
ПРИМЕНЕНИЕ АНАЛИТИКИ БОЛЬШИХ ДАННЫХ В БИЗНЕСЕ: ПРИМЕРЫ УДАЧНЫХ КЕЙСОВ 103

Коробкова А.В.
ВЗГЛЯД СТУДЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА НА ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И ЕГО ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ПОВСЕДНЕВНУЮ ЖИЗНЬ ЧЕЛОВЕКА 106

Луценко Н.В.
VERSENY – СЕРВИС ПО СОЗДАНИЮ КОНКУРСОВ.....109

Никишин А.П.
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВЫБОРА ВХОДНОГО НАБОРА ДАННЫХ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ СВОЙСТВ ВОЛОКНИСТЫХ КОМОПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕХАНИЧЕСКИ МОТИВИРОВАННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ.....114

Ореховский И.А.
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОВЕДЕНЧЕСКИХ ПАТТЕРНОВ НА ОСНОВЕ НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ 119

Седых О.М., Целищев А.Е.
АНАЛИЗ ТОЧНОСТИ ОБНАРУЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ СВЕРТКИ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ.....123

Черепов К.Р.
СИСТЕМА ОЦЕНКИ СОЗДАННЫХ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ВИНК ПО ПРОГРАММЕ «ЦИФРОВАЯ ЭКОНОМИКА 2017–2025 ГГ.».....126

Ямкин М.А.
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ТРЕЩИН ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАЗРЫВА НЕФТЯНОГО ПЛАСТА 138

Технологический менеджмент и инновации 141

Андроник А.
МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ПРЕДПРИЯТИЙ НЕФТЕДОБЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ 141

Екимовская А.А.
ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МАССОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КОЛЬЦЕВЫХ КОРПУСОВ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ В ВИДЕ СФЕРИЧЕСКИХ СЕГМЕНТОВ И ТОРА 147

Екимовская А.А.
ОПЫТ ОРГАНИЗАЦИИ ПАТЕНТНОЙ РАБОТЫ В ШКОЛЬНОМ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОМ КРУЖКЕ 155

Жижилева А.В.
FROM TRANSLATION TO IMMERSION: HOW GAME LOCALIZATION INFLUENCES PLAYERS' EXPERIENCE 164

Зезюлин П.В., Боровков Г.С.
THE IMPLEMENTATION OF GAMIFICATION MECHANICS TO MOTIVATE USERS TO CREATE CONTENT: A CASE STUDY OF THE «BEAUTIFUL PLACES» SERVICE IN THE «I LIVE HERE» APP 170

Иващенко В.В.
ПРОБЛЕМЫ КОММЕРЦИАЛИЗАЦИИ ИННОВАЦИОННЫХ РАЗРАБОТОК ГИБРИДНЫХ МАТЕРИАЛОВ: ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ 173

Киселев А.Д.
ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ КАК ЧАСТИ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ МЕДИАКОМПАНИЙ 178

Кудрявцев А.С.
ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ ОТ УПРАВЛЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТЬЮ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ 182

Кузьменко В.С., Юшков Е.Ю.
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ОПТИМИЗАЦИИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ 185

Лукин Н.А., Гирш Л.В.
СУЩНОСТЬ ТРАНСФЕРА ТЕХНОЛОГИЙ В НОВОЙ ЭКОНОМИКЕ 189

Сомонов В.В.
РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ГИБКОМУ УПРАВЛЕНИЮ ИННОВАЦИОННЫМИ ПРОЕКТАМИ В СФЕРЕ АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА 193

Сухоруков Д.С.
ГЕЙМИФИКАЦИЯ КАК СТРАТЕГИЯ ПОВЫШЕНИЯ ВОВЛЕЧЕННОСТИ ОБУЧАЮЩИХСЯ В ШКОЛАХ 197

Федорец Н.М.
ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ – ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ РАЗВИТИЯ НЕФИНАНСОВОЙ ОТЧЕТНОСТИ В РОССИИ 203

Цуркан А.Б.
С ЧЕГО НАЧИНАТЬ ЗНАКОМСТВО С ПАТЕНТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ В ШКОЛЕ, С ИЗОБРЕТЕНИЯ ИЛИ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ? 206

Шевко А.В., Солобоева Н.В.
РОЛЬ ИНОСТРАННОГО ЯЗЫКА В ПРОФЕССИОНАЛЬНОМ СТАНОВЛЕНИИ БУДУЩИХ ИНЖЕНЕРОВ 211

Шерстнева А.
УПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЕМ ОБРАЗОВАНИЯ 218

Междисциплинарные исследования: наука и технологии для человека 220

Меркушева А.В., Цуканова А.В.
ЖЕНСКИЙ ГОЛОС КАК ОСНОВНОЙ ЭЛЕМЕНТ ЭСТЕТИКИ ПОСТГУМАНИЗМА В ЭЛЕКТРОАКУСТИЧЕСКОЙ МУЗЫКЕ 220

Потуданская М.О.
БАРЬЕРЫ И ВОЗМОЖНОСТИ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ. ОТ «ДВУХ КУЛЬТУР» ЧАРЛЬЗА СНОУ ДО НАСТОЯЩЕГО ВРЕМЕНИ 229

Пузикова С.В.
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ И КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ В ДИАГНОСТИКЕ РАКА МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ 232

Урядников И.А.
КИБЕРНЕТИКА В ОСНОВЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ: АНАЛИЗ ЕЁ ПРОЯВЛЕНИЯ В ИСУ.ИТМО 236

Практико-ориентированное молодежное научно-техническое творчество 240

Дорофеев В.С.
АКУСТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ТОЧНОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ОБЪЕКТА С ПСЕВДОШУМОВОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬЮ СИГНАЛОВ 240

Иванова П.М.
АСИНХРОННАЯ МОДИФИКАЦИЯ И РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДА МУРАВЬИНЫХ КОЛОНИЙ ДЛЯ ПЕРЕУПОРЯДОЧИВАНИЯ И ОТПРАВЛЕНИЯ ГИПЕРПАРАМЕТРОВ НА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ КЛАСТЕР ДЛЯ ЗАДАЧИ НАЗНАЧЕНИИ ЛЕКАРСТВЕННЫХ СРЕДСТВ 247

Никитина М.А.
РАЗРАБОТКА И ТЕСТИРОВАНИЕ АВТОНОМНОЙ ОЧИСТИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ПО ВЫРАБОТКЕ ФЕРРАТА НАТРИЯ ДЛЯ ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ НА МЕСТЕ ПОЛУЧЕНИЯ С ЦЕЛЬЮ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД 252

Цуркан А.Б.
ВАРИАНТ РАСШИРЕНИЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ КОСМИЧЕСКОЙ ГРУППИРОВКИ «АРКТИКА-М» ДЛЯ ДЕТАЛИЗАЦИИ ПРОГНОЗОВ ПОГОДЫ 257

Чудинова М.А.
РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС РАСТРОВОГО ГРАФИЧЕСКОГО РЕДАКТОРА «СОВВИ» 271

МОЛОДЫЕ ПРОФЕССИОНАЛЫ
III Международная конференция
08–10 октября 2024 г.

Сборник научных трудов

Текстовое электронное издание

Минимальные системные требования:
Компьютер: процессор x86 с тактовой частотой 500 МГц и выше; ОЗУ 512 Мб; 8Мб на жёстком
диске; видеокарта SVGA 1280x1024 High Color (32 bit); привод CD-ROM.
Операционная система: Windows XP/7/8 и выше.
Программное обеспечение: Adobe Acrobate Reader версии 6 и старше.

Редакционно-издательский отдел Университета ИТМО
Зав. РИО Н.Ф. Гусарова
Дизайн обложки Д.В. Гавриш
Вёрстка К.Д. Бутылкина
Подписано к печати 27.11.2024
Объем издания 11,2 Мб
Заказ № 4781 от 27.11.2024

Издательство Университет ИТМО

ISBN 978-5-7577-0721-1