ИТМО

АЛЬМАНАХ НАУЧНЫХ РАБОТ

молодых ученых Университета ИТМО

ТОМ 1

Санкт-Петербург
2023 г.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

АЛЬМАНАХ НАУЧНЫХ РАБОТ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ Университета ИТМО

Том 1

Санкт-Петербург
2023

УДК 004, 063, 065, 504
ББК 20, 32, 40
Альманах научных работ молодых ученых Университета ИТМО. Том 1. – СПб.: Университет ИТМО, 2023. – 384 с.

Издание содержит результаты научных работ молодых ученых, доложенные на Пятьдесят второй (LII) научной и учебно-методической конференции Университета ИТМО, проходившей с 31 января по 03 февраля 2023 года, по тематикам: безопасности информационных технологий; системы управления и роботехника, программная инженерия и компьютерная техника; фотоники; трансляционные информационные технологии; деятельности военного центра ИТМО.

ISBN 978-5-7577-0693-1
ISBN 978-5-7577-0694-8 (Том 1)

Университет ИТМО (Санкт-Петербург) — национальный исследовательский университет, ведущий вуз России в области информационных, фотонных и биохимических технологий. Альма-матер победителей международных соревнований по программированию: ICPC (единственный в мире семикратный чемпион), Google Code Jam, Facebook Hacker Cup, Яндекс.Алгоритм, Russian Code Cup, Topcoder Open и др. Приоритетные направления: IT и искусственный интеллект, фотоника, робототехника, квантовые коммуникации, трансляционная медицина, Life Sciences, Art&Science, Science Communication.
Входит в ТОП-100 по направлению «Автоматизация и управление» Шанхайского предметного рейтинга (ARWU) и занимает 74 место в мире в британском предметном рейтинге QS по компьютерным наукам (Computer Science and Information Systems). Представлен в мировом ТОП-200 по телекоммуникационным технологиям (Telecommunication engineering), а также в ТОП-300 по нанонаукам и нанотехнологиям (Nanoscience & Nanotechnology) ARWU. Входит в ТОП-200 по инженерным наукам (Engineering and Technology), в ТОП-300 по физике и астрономии (Physics & Astronomy), наукам о материалах (Materials Sciences), а также по машиностроению, аэрокосмической и промышленной инженерии (Mechanical, Aeronautical & Manufacturing Engineering) рейтинга QS. Лидер проекта «Приоритет – 2030».

© Университет ИТМО, 2023
© Авторы, 2023

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

по направлению безопасности информационных технологий

Председатель редколлегии:
***Заколдаев Данил Анатольевич**, кандидат технических наук, доцент, декан факультета безопасности информационных технологий*

Члены редколлегии:
***Комаров Игорь Иванович**, кандидат физико-математических наук, доцент, доцент факультета безопасности информационных технологий*
***Коробейников Анатолий Григорьевич**, доктор технических наук, профессор, профессор факультета безопасности информационных технологий*
***Попов Илья Юрьевич**, кандидат технических наук, доцент факультета безопасности информационных технологий*
***Филькова Инна Александровна**, заместитель декана факультета безопасности информационных технологий*
***Будько Михаил Юрьевич**, кандидат технических наук, доцент, доцент факультета безопасности информационных технологий*

по направлению системы управления и робототехника, программная инженерия и компьютерная техника

Председатель редколлегии:
***Бобцов Алексей Алексеевич**, профессор, доктор технических наук, профессор факультета систем управления и робототехники*

Члены редколлегии:
***Пыркин Антон Александрович**, профессор, доктор технических наук, профессор факультета систем управления и робототехники*
***Кустарев Павел Валерьевич**, кандидат технических наук, декан факультета программной инженерии и компьютерной техники*
***Заколдаев Данил Анатольевич**, кандидат технических наук, доцент, декан факультета безопасности информационных технологий*
***Андреев Юрий Сергеевич**, доцент, кандидат технических наук, доцент факультета систем управления и робототехники*

по направлению фотоника

Председатель редколлегии:
***Романова Галина Эдуардовна**, доцент, кандидат технических наук, доцент института "Высшая инженерно-техническая школа"*

Члены редколлегии:
***Кукушкин Дмитрий Евгеньевич**, кандидат технических наук, заведующий лабораторией центра прикладной оптики*
***Цыганок Елена Анатольевна**, кандидат технических наук, доцент института "Высшая инженерно-техническая школа"*
***Мараев Антон Андреевич**, кандидат технических наук, руководитель группы научно-технического развития центра прикладной оптики*

по направлению трансляционные информационные технологии

Председатель редколлегии:
Митягин Сергей Александрович, кандидат технических наук, директор Института дизайна и урбанистики

Члены редколлегии:
***Басов Олег Олегович**, доцент, доктор технических наук, старший научный сотрудник национального центра когнитивных разработок*
***Карпов Алексей Анатольевич**, профессор факультета информационных технологий и программирования*
***Капитонов Александр Александрович**, доцент, кандидат технических наук, доцент факультета инфокоммуникационных технологий*
***Духанов Алексей Валентинович**, доцент, доктор технических наук, доцент факультета цифровых трансформаций*

по направлению деятельности военного центра ИТМО

***Клоков Андрей Александрович**, профессор, кандидат военных наук, старший преподаватель военного учебного центра*

ВВЕДЕНИЕ

Издание содержит результаты научных работ молодых ученых, доложенные на Пятьдесят второй (LII) научной и учебно-методической конференции Университета ИТМО, проходившей 31 января – 03 февраля 2023 г., по тематикам: безопасности информационных технологий; системы управления и роботехника, программная инженерия и компьютерная техника; фотоники; трансляционные информационные технологии; деятельности военного центра ИТМО.

Конференция проводится в целях ознакомления общественности с результатами научных исследований, выполненных в рамках: государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ, стратегии развития Университета ИТМО до 2027 года, грантов Президента РФ для поддержки молодых российских ученых, грантов РФФИ, РНФ, по постановлению Правительства РФ № 1251 от 16 октября 2017 года «Об утверждении Правил предоставления субсидии из федерального бюджета на оказание государственной поддержки центров Национальной технологической инициативы на базе образовательных организаций высшего образования и научных организаций и Положения о проведении конкурсного отбора на предоставление грантов на государственную поддержку центров Национальной технологической инициативы на базе образовательных организаций высшего образования и научных организаций», по постановлению Правительства РФ № 220 от 09 апреля 2010 г. «О мерах по привлечению ведущих ученых в российские образовательные организации высшего образования, научные учреждения и государственные научные центры Российской Федерации», государственной поддержки центров Национальной технологической инициативы на базе образовательных организаций высшего образования и научных организаций, Государственной программы Российской Федерации «Научно-технологическое развитие Российской Федерации», включающей в себя федеральные проекты национального проекта «Наука и университеты» и Национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации», в рамках федерального проекта «Развитие масштабных научных и научно-технологических проектов по приоритетным исследовательским направлениям" национального проекта «Наука и университеты» в университете выполняются работы по Федеральной научно-технической программе развития синхротронных и нейтронных исследований и исследовательской инфраструктуры на 2019 – 2027 годы (ПП 16 марта 2020 г. № 287) и по инициативным научно-исследовательским проектам, выполняемыми преподавателями, научными сотрудниками, молодыми учеными, аспирантами, магистрантами и студентами Университета, в том числе в содружестве с предприятиями, организациями Российской Федерации, а также международными сообществами для увеличения эффективности научно-исследовательской деятельности и подготовки кадров и специалистов высшей квалификации.

Безопасность информационных технологий

УДК 004.056

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОБНАРУЖЕНИЯ ЛОЖНЫХ НОВОСТЕЙ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ТЕКСТОВ И МУЛЬТИМЕДИА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОЛЛАБОРАТИВНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ

Гаврилова В. В.*[1] *(студент)
***Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент Менщиков А.А.*[1]**

[1]*Университет ИТМО*

e-mail: 286901@niuitmo.ru, menshikov@itmo.ru

В работе представлены анализ существующих методов определения ложных новостей и разработанный алгоритм определения ложных новостей с помощью коллаборативной фильтрации. Полученные результаты используются для обучения модели на собранных русскоязычных датасетах.

Ключевые слова
Ложные новости, глубокое обучение, коллаборативная фильтрация, нейронная сеть, информационная безопасность.

Развитие современных технологий и популяризация интернета способствуют распространению ложных новостей. Ложные новости используются в целях обогащения, манипуляций, влияния на общественность во время важных политических и социальных событий. Современные системы не способны предотвратить появление ложных новостей на новостных сайтах и в социальных сетях. Так же невозможно вручную оценить правдивость распространяемой информации и однозначно оценить надежность источника. С каждым годом количество ложных новостей растет, самыми популярными категориями ложных новостей являются политические, социальные, экономические и научные фейки.

Для решения проблемы распространения ложных новостей исследователи разрабатывают различные алгоритмы с использованием средств машинного и глубокого обучения. Однако большинство моделей обучены на англоязычных датасетах. Повышение точности алгоритмов и автоматизация определения ложных новостей на русском языке остаются актуальными задачами.

В ходе анализа актуальных статей [1–5] было установлено, что самыми популярными методами определения ложных новостей являются модели глубокого обучения. Модели глубокого обучения могут получать скрытые представления, извлеченные из текстов новостей, обрабатывая менее сложные входные данные. Сверточная нейронная сеть (CNN) и рекуррентная нейронная сеть (RNN) – две самые популярные используемые модели глубокого обучения в нейронных сетях. В результате анализа популярных исследований текстовых методов глубокого обучения для обнаружения ложных новостей была составлена таблица 1. Как можно заметить, точность алгоритмов достигает 97%, однако все системы используют англоязычные наборы данных.

Более сложной задачей является определение ложных изображений в новостях. Эффективным методом определения правдивости и правильного соотношения новости с изображением является рекомендательная система, способная показать пользователю схожие изображения, предварительно размеченные как ложные или правдивые.

Алгоритмы обнаружения ложных новостей на основе анализа содержания нацелены либо на лексические, либо на семантические особенности новости. Для проведения анализа были выбраны семантические характеристики новостей – стиль заголовка, стиль самого текста, анализ настроения. В ходе работы для разметки данных были собраны наборы данных с таких сайтов, как lenta.ru, insider.ru, meduza.ru, dni.ru, panorama.pub. Для дальнейшего определения типа ложных новостей ложные новости были размечены по классам: экономические ложные новости, политические ложные новости, социальные ложные новости (в том числе кликбейт),

научные ложные новости. Для разработки рекомендательной системы изображения были взяты из тех же новостей. Сбор данных был произведен с помощью библиотек BeautifulSoup 4.11.1, Requests 2.28.1, Urllib3 1.26.13. Текстовые данные были лемматезированы и очищены от стоп-слов.

Таблица 1

Результат анализа исследований

Исследование	Метод	Набор данных	Точность (accuracy)
Deep learning methods for Fake News detection [1]	CNN with one convolutional layer	Kaggle competition	0.9617
	CNN with more convolutional laver		0.9752
DeepNet: An Efficient Neural Network for Fake News Detection using News-User Engagements [2]	News Content and Social Context + DeepNet		0.9520
OPCNN-FAKE: Optimized Convolutional Neural Network for Fake News Detection [3]	OPCNN-FAKE	Dataset from Kaggle (dataset1)	0.9784
Fake News Detection Using Bayesian Inference [4]	EDCM-Bayesian	Bs detector	0.8785
MVAN: Multi-View Attention Networks for Fake News Detection on Social Media [5]	MVAN	Twitter16	0.9365

Для бинарной классификации новостей на правдивые и ложные был разработан алгоритм единой сквозной системы, состоящей из лексических признаков и признаков сходства. Эти признаки пропускаются через многослойный перцептрон (MLP) с одним скрытым слоем. В модели используется два простых представления мешка слов (BOW) для текстовых данных: term frequency (TF) и term frequency inverse document frequency (TF-IDF). Общая схема модели представлена на рисунке 1.

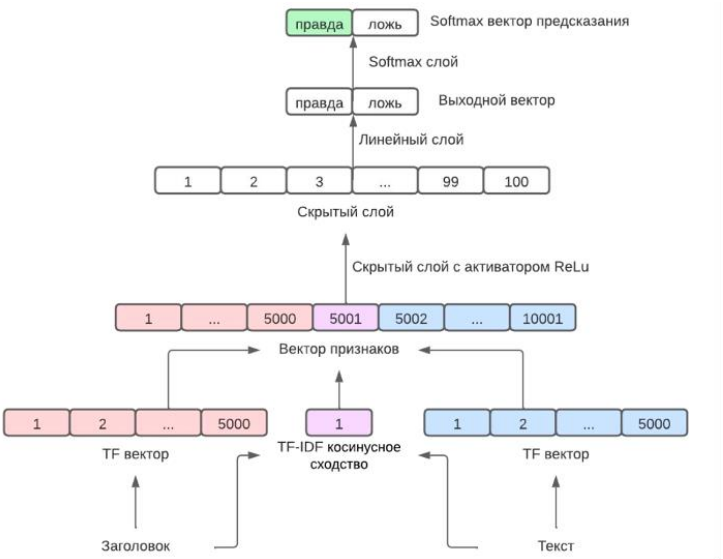


Рис. 1. Схема модели глубокого обучения для бинарной классификации

Для классификации ложных новостей была использована схожая модель, гиперпараметры которой подобраны для мультиклассовой классификации. В качестве меток использовались типы ложных новостей: политические ложные новости (politics: 0), экономические ложные новости (economics: 1), социальные ложные новости и кликбейт (social: 2), научные ложные новости (science: 3).

	TP	TN
FP	528	7
FN	10	526

Рис. 2. Матрица ошибок для модели бинарной классификации

	0	1	2	3
0	100	2	1	31
1	1	71	19	0
2	5	11	107	2
3	26	2	1	106

Рис. 3. Матрица ошибок для модели мультиклассовой классификации

Для поиска изображений была составлена система коллаборативной фильтрации на базе ResNet50. Модель представляет собой рекомендательную систему по поиску схожих изображений.

На рисунках 2 и 3 представлены матрицы ошибок моделей глубокого обучения для бинарной и мультиклассовой классификации и результаты работы рекомендательной системы. Разработанная система может быть модернизирована с точки зрения информационной безопасности, с целью сохранения целостности обучающих и результирующих данных.

Список использованных источников

1. Krešňáková V.M., Sarnovský M., Butka P. Deep learning methods for Fake News detection // 2019 IEEE 19th International Symposium on Computational Intelligence and Informatics and 7th IEEE International Conference on Recent Achievements in Mechatronics, Automation, Computer Sciences and Robotics (CINTI-MACRo), Szeged, Hungary. 2019. Pp. 000143–000148. DOI: 10.1109/CINTI-MACRo49179.2019.9105317.
2. Kaliyar R.K., Kumar P., Kumar M., Narkhede M., Namboodiri S., Mishra S., DeepNet: An Efficient Neural Network for Fake News Detection using News-User Engagements // 2020 5th International Conference on Computing, Communication and Security (ICCCS), Patna, India. 2020. Pp. 1–6. DOI: 10.1109/ICCCS49678.2020.9277353.
3. Saleh H., Alharbi A., Alsamhi S.H. OPCNN-FAKE: Optimized Convolutional Neural Network for Fake News Detection // IEEE Access. 2021. Vol. 9. Pp. 129471–129489. DOI: 10.1109/ACCESS.2021.3112806.
4. Najar F., Zamzami N., Bouguila N. Fake News Detection Using Bayesian Inference // 2019 IEEE 20th International Conference on Information Reuse and Integration for Data Science (IRI), Los Angeles, CA, USA. 2019. Pp. 389–394. DOI: 10.1109/IRI.2019.00066.
5. Ni S., Li J. Kao H.-Y. MVAN: Multi-View Attention Networks for Fake News Detection on social media // IEEE Access. 2021. Vol. 9. Pp. 106907–106917. DOI: 10.1109/ACCESS.2021.3100245.

УДК 51.37

ОБЗОР РЕШЕНИЙ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ КВАНТОВЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ

Малков А. В.*[1] *(аспирант),* ***Лихтенберг А. М.*[1] *(аспирант)

***Научный руководитель – доктор технических наук, доцент Беззатеев С.В.*[1]**

[1]*Университет ИТМО*

e-mail: avmalkov@itmo.ru

Работа выполнена в рамках темы НИР №620164 «Методы искусственного интеллекта для киберфизических систем»

В работе рассмотрено применение программных средств, предоставляемых компаниями-разработчиками программного обеспечения для моделирования квантовых вычислений с целью определения вычислительных возможностей применяемых инструментов математического моделирования, их эффективности и масштабируемости для исследований, проводимых в области квантовой защиты информации.

Ключевые слова
Квантовые алгоритмы, квантовые вычисления, симуляторы квантовых вычислений, квантовая защита информации, информационная безопасность.

Применение квантовых технологий для защиты информации впервые было предложено еще в 1970 году Стивеном Визнером, что положило начало исследованиям в области квантовой защиты информации [1]. Успехи в работе с квантовыми вычислениями ставят под угрозу все известные и широко распространённые методы и средства защиты информации, так что активные исследования продолжаются и в настоящее время. Чтобы понять, каким образом можно защитить информацию от атак с помощью квантовых вычислителей и алгоритмов, основанных на квантовых вычислениях, необходимо исследовать принципы построения таких алгоритмов и работы самих квантовых вычислителей. Для этой цели крупные компании-разработчики программного и аппаратного обеспечения в области квантовых вычислений предоставляют средства разработчика исследователям. Исследованиями в области квантовых вычислений занимаются такие компании, как Google, IBM, Amazon, D-WAVE, Microsoft [2]. Целью исследования стал обзор решений для моделирования квантовых вычислений. Отбор кандидатов производился по следующим критериям:

- доступность использования;
- доступная документация;
- симуляция на локальном компьютере;
- гейтовый уровень моделирования;
- поддержка на уровне библиотек;
- открытый исходный код;
- поддержка языка Python3.7+;
- возможность интеграции с прототипами квантовых вычислителей (трансляция).

Кандидатами для обзора стали:

- IBM Q EXPERIENCE;
- GOOGLE QUANTUM AI (Cirq);
- XANADU QUANTUM CLOUD;
- FOREST: RIGETTI COMPUTING;
- AMAZON BRAKET: AWS;

- PROJECTQ;
- FORGE: QC WARE;
- D-WAVE;
- AQT;
- OXFORD QUANTUM CIRCUITS;
- QUANTINUUM;
- AZURE QUANTUM: MICROSOFT.

Представленные выше кандидаты предоставляют собственные инструменты для моделирования квантовых вычислений. Однако установленным критериям полностью соответствовали только три из них: Google Quantum AI (Cirq), IBM Q EXPIRIENCE (Qiskit), ProjectQ.

Одной из основных проблем при использовании симуляторов квантовых вычислений на классическом кремниевом процессоре является масштабирование алгоритмов. Так как состояние квантов, с помощью которых проводятся вычисления, описываются векторами и матрицами преобразований, предъявляются высокие требования к вычислительной мощности кремниевого процессора и оперативной памяти компьютера, на котором проводятся вычисления. Для проведения исследования требуется хорошо масштабируемый квантовый алгоритм, который представлен на рисунке 1.

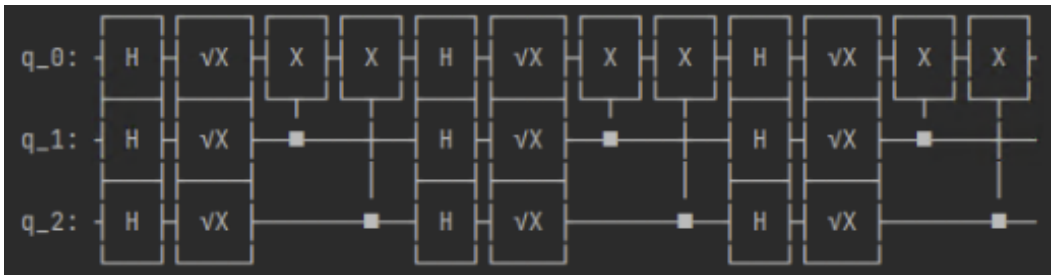


Рис. 1. Квантовый алгоритм

Алгоритм представляет собой набор квантовых гейтов, применяемых последовательно по времени. В данном исследовании постепенно увеличивалось число кубит от 10 до 20. Для каждого выбранного числа кубит увеличивалась глубина алгоритма от 3 до 20 повторений и измерялось время выполнения алгоритма.

Формальное описание алгоритма выглядит следующим образом. Первым шагом генерируется заданное число кубит в случайном состоянии, в виде:

$$q_n = \alpha|0> + \beta|1>,$$

$$\alpha, \beta \in \mathbb{C},$$

$$|\alpha|^2 + |\beta|^2 = 1.$$

После чего, к сгенерированным кубитам применяется квантовый гейт (оператор) Адамара:

$$H = \frac{1}{\sqrt{2}}\begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}.$$

Данное действие приводит кубиты к состоянию, при котором разрушающее считывание состояния с равной вероятностью покажет закодированное состояние 0 или 1, в зависимости от выбранного базиса. Следующим действием применяется гейт (оператор) квадратный корень из X:

$$\sqrt{X} = \frac{1}{2}\begin{bmatrix} 1+i & 1-i \\ 1-i & 1+i \end{bmatrix}.$$

Этот оператор «поворачивает» вектор текущего состояния кубита на 90 градусов по оси OX. После чего применяется гейт (оператор) CNOT от нулевого кубита ко всем последующим:

$$CNOT = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}.$$

Этот оператор применяется для последовательного «запутывания» кубит между собой. После чего алгоритм повторяется указанное количество раз. Глубина алгоритма подбиралась эмпирическим путем, для более показательного результата. Сам алгоритм не имеет иного практического применения и был выбран на основе похожего исследования [3].

Исследование проводилось на персональном компьютере со следующими характеристиками:

- операционная система: Microsoft Windows 11 Pro (x64);
- оперативная память: 32 Gb;
- процессор: Intel Core I5-12400F (6 ядер, 12 потоков, 2.5–4.4 Ггц).

Наиболее показательный результат получился при глубине алгоритма 20, дальнейшее увеличение глубины слишком существенно увеличивало количество времени, необходимое для проведения расчетов. Результат измерений представлен на рисунке 2.

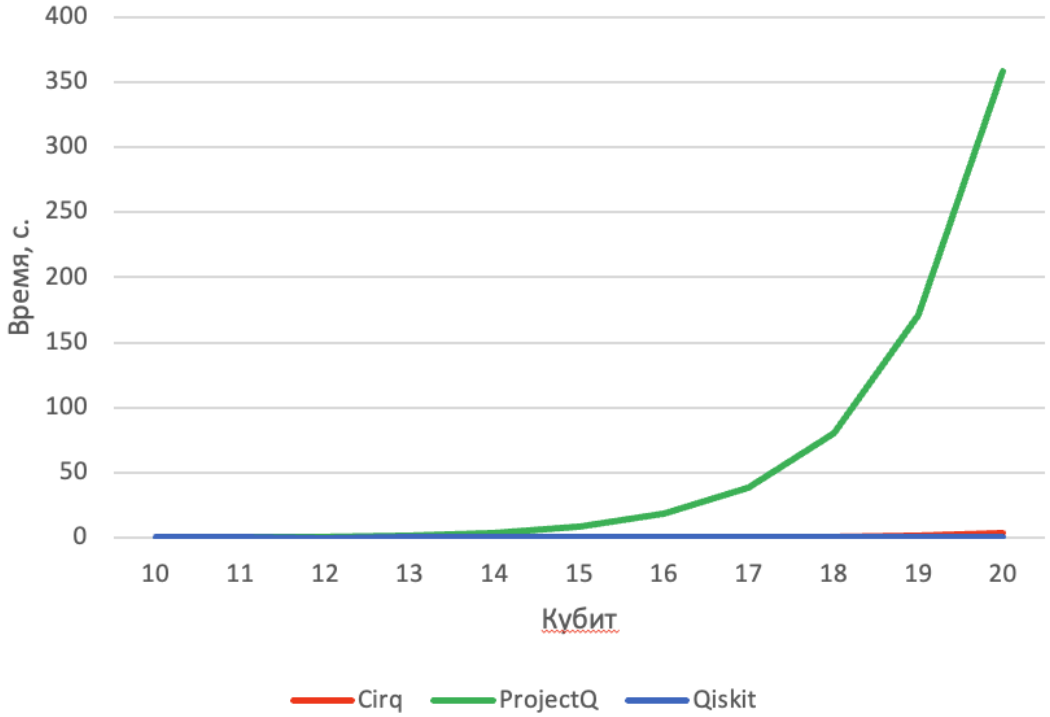


Рис. 2. Время расчетов с увеличением числа кубит при глубине алгоритма 20 повторений

После проведенных измерений можно сделать вывод, что наиболее перспективным симулятором для квантовых вычислений является Qiskit, так как при увеличении количества одновременно рассчитываемых кубит и глубине алгоритма 20, показал наименьший прирост времени вычислений и наименьшую нагрузку на аппаратную часть.

Список использованных источников

1. Wiesner S. Conjugate coding // ACM Sigact News. 1983. Т. 15. №. 1. С. 78–88.
2. Альбекова З.М., Климов Д.А. Квантовые вычисления // Студенческая наука для развития информационного общества. 2020. С. 86–92.
3. LaRose R. Overview and comparison of gate level quantum software platforms // Quantum. 2019. Т. 3. 130 с.

УДК 004.056.5; 621.3.095; 621.373.8

РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ИССЛЕДОВАНИЯ ОПТОЭЛЕКТРОННЫХ ЛИНИЙ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ

Чернов Р.И.[1] *(аспирант),* ***Горошков В.А.***[1] *(аспирант),* ***Островский Д.П.***[1] *(аспирант),*
Фан А.З.[1] *(студент)*

Научный руководитель – доктор технических наук, доцент Гришенцев А.Ю.[1]

[1]*Университет ИТМО*

e-mail: aeijo@mail.ru

Работа выполнена в рамках темы НИР №620164 «Методы искусственного интеллекта для киберфизических систем»

В работе приведено описание разработки лабораторного стенда для исследования систем беспроводной оптической связи. Осуществлено изготовление и подбор комплектующих. Разработана структурная схема лазерного атмосферного канала связи. Приведена схема питания лазерных диодов передатчика и схема дифференциального приема сигнала с помощью фотодиодов. Лабораторный стенд подготовлен к проведению экспериментов по исследованию пропускной способности беспроводного оптического канала связи и защищенной передачи информации.

Ключевые слова
Беспроводная оптическая связь, лазер, защищенный канал связи, математическое моделирование, передача информации.

Технологии беспроводной оптической связи в настоящее время приобретают все большую распространенность. Наиболее широко распространены такие технологии беспроводной оптической связи, как «Free Space Optics» – оптика свободного пространства [1], светодиодная технология Li-Fi (Light Fidelity) [2] и LiDAR (Light Detection And Ranging) [3]. Беспроводная оптическая связь выгодно отличается от других видов связи тем, что при высокой скорости работы такая связь независима от радиочастотных каналов связи и для нее отсутствует влияние электромагнитных помех и наводок от линий электропередач. Беспроводная оптическая связь наиболее широко применяется в тех случаях, когда прокладка кабеля, в том числе оптоволоконного, невозможна, затруднена или нецелесообразна. Например, из-за особенностей ландшафта или зашумленностью радиочастотного пространства. Исследование беспроводных оптических систем связи является перспективной и актуальной задачей, для решения которой необходима разработка лабораторного стенда.

В исследовании ставится задача разработки лабораторного оптического стенда, позволяющего производить исследования в области защищенной передачи информации с помощью лазерного излучения. Приводится последовательное решение следующих подзадач. Разработка структурной схемы лазерного оптического канала связи. Разработка, изготовление и подбор элементов и узлов лабораторного оптического стенда. Подготовка лабораторного стенда к проведению экспериментов.

Беспроводная оптическая система связи состоит из передатчика лазерного излучения и приемника. Передатчик и приемник разделены атмосферным каналом связи, в котором передаваемый с помощью лазерного излучения сигнал претерпевает воздействие шума. Для снижения влияния шума и повышения информационной защищенности передачи информации применяется поляризационное разделение и последующий дифференциальный прием сигнала [4]. Структурная схема лазерного оптического канала связи представлена на рисунке 1.

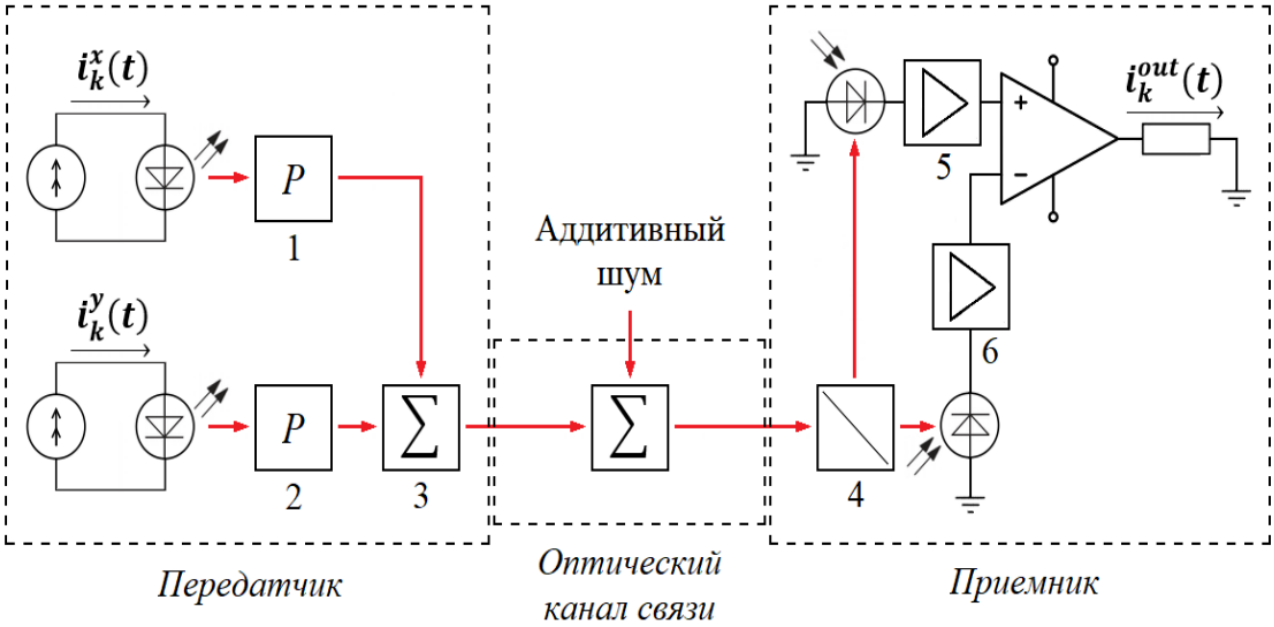


Рис. 1. Структурная схема лазерного оптического канала связи
(1, 2 – линейные ортогональные поляризаторы; 3 – сумматор оптических сигналов;
4 – двулучепреломляющая призма; 5, 6 – усилители токовых сигналов)

Осуществлена разработка схемы питания лазерных диодов передатчика беспроводной оптической системы связи (рис. 2).

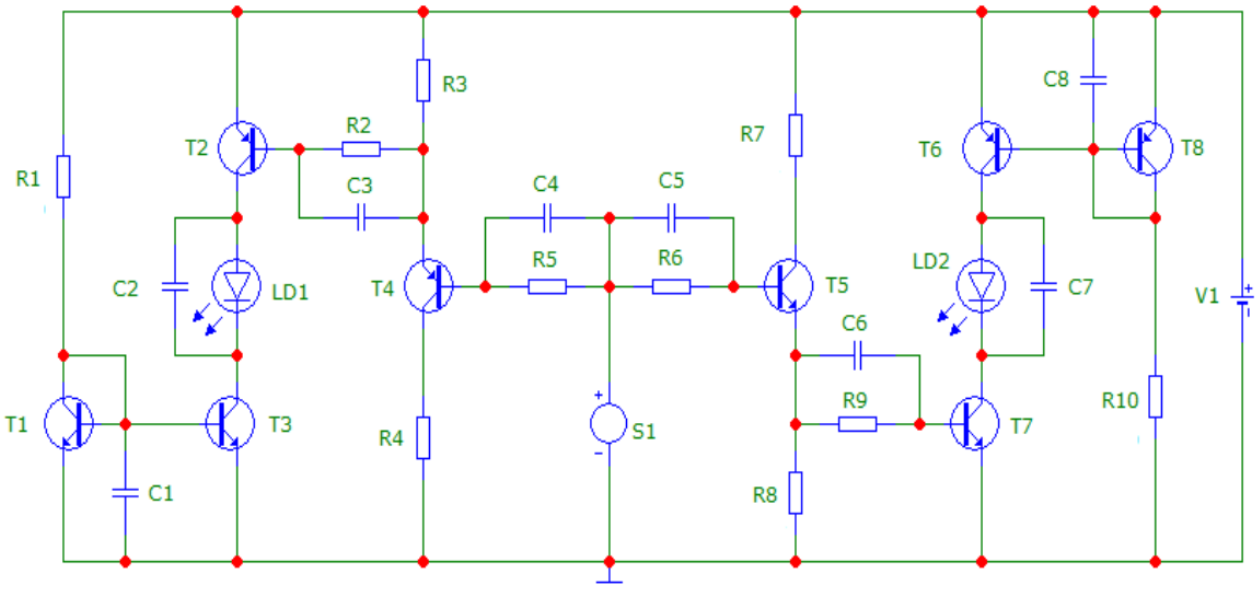


Рис. 2. Схема питания лазерных диодов передатчика беспроводного оптического канала связи

Схема образована двумя симметричными плечами, выполняющими функцию формирования токовых сигналов с генератора, отличающихся по фазе. Применена комплементарная пара транзисторов. Для стабилизации токов, питающих лазерные диоды, применена схема токового зеркала. Использованные емкостные элементы выполняют функцию уменьшения пульсаций при открытии транзисторов и функцию фильтров.

На рисунке 3 представлена схема приема и усиления дифференциального оптического сигнала.

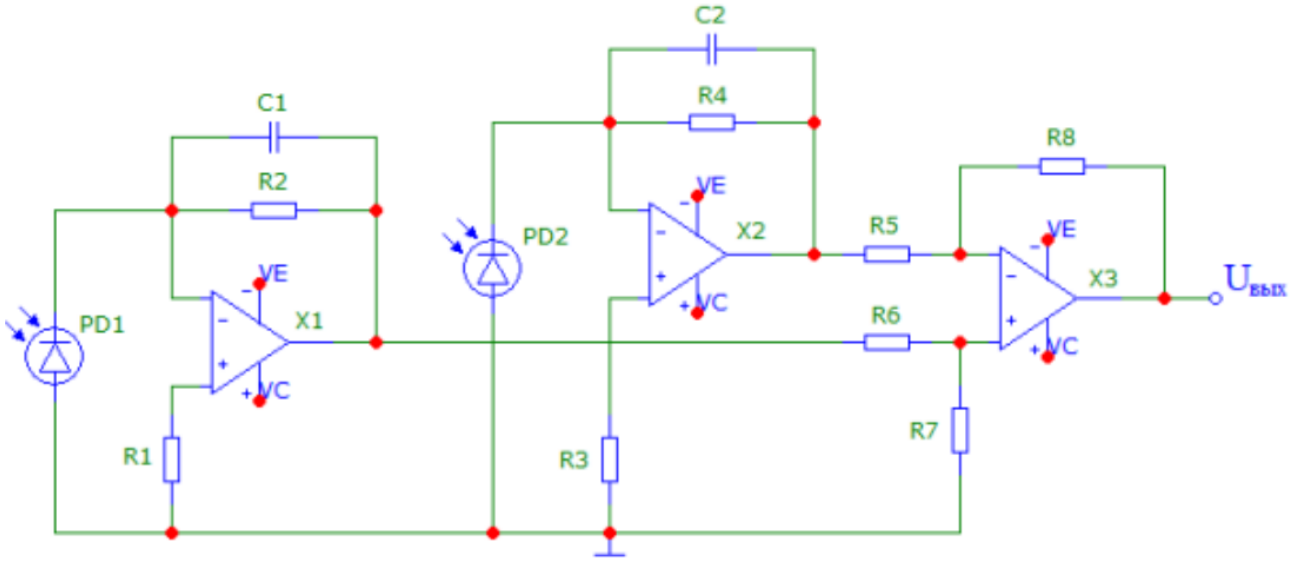


Рис. 3. Схема приема и усиления дифференциального оптического сигнала

В соответствии со структурной схемой беспроводного оптического канала связи и схемами передатчика и приемника сигнала осуществлен подбор и изготовление компонентов и узлов лабораторного оптического стенда. За основу лабораторного стенда взята оптическая плита с сеткой резьбовых отверстий для позиционирования и крепления на штативах оптических компонентов. Изготовленная оптическая плита представлена на рисунке 4.

Таким образом, в результате выполнения работы поставленные задачи решены, а цель — достигнута. Разработан лабораторный стенд для исследования беспроводных оптических систем связи. Осуществлено изготовление и подбор комплектующих для лабораторного стенда. Разработана структурная схема лазерного канала связи. Приведена схема питания лазерных диодов передатчика и схема приема сигнала с помощью фотодиодов. Лабораторный оптический стенд также представлен на рисунке 4.

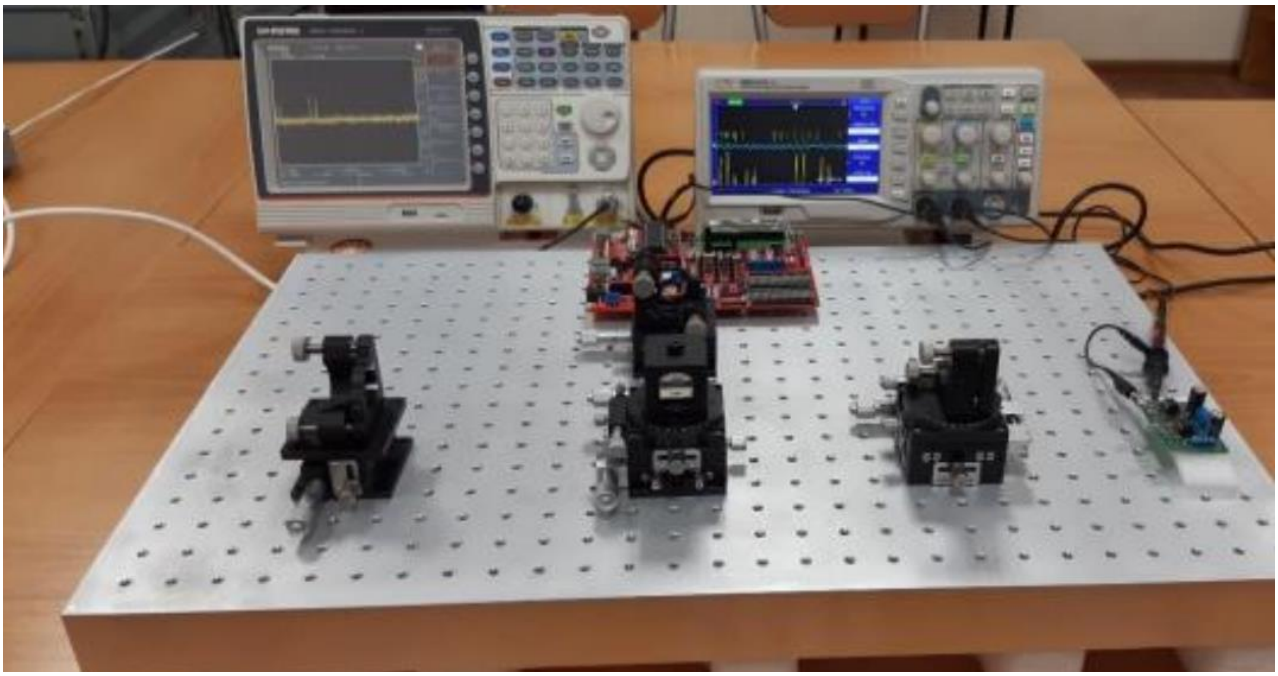


Рис. 4. Лабораторный оптический стенд

Лабораторный оптический стенд подготовлен к проведению экспериментов по передаче информации на основе поляризационного разделения и дифференциального приема сигнала, по приему сигнала с помощью лазерного излучения, отраженного от поверхностей различной

структуры, по исследованию пропускной способности беспроводной оптической системы связи. Лабораторный стенд может найти применение в учебном процессе.

Список использованных источников

1. Шишаков А.П. и др. Системы связи на основе FSO-технологий // Студенческая наука для развития информационного общества. 2019. С. 182–192.
2. Киричек Р.В., Нгуен Д.К., Герасимова Е.М. Сравнительный обзор технологии Li-Fi и перспектива практического использования для интернета вещей // Информационные технологии и телекоммуникации. 2015. Т. 3. №.4. С. 77–86.
3. Антонов А. Сканирующие лазерные дальномеры (LIDAR) // Современная электроника. 2016. №.1. С. 10–15.
4. Тихомиров А.В., Чернов Р.И., Еремук В.В., Козин О.В., Гришенцев А.Ю. Разработка методов повышения уровня информационной защищенности и помехоустойчивости оптического канала связи // Сборник трудов XI Конгресса молодых ученых, Санкт-Петербург. 2022. Т. 1. С. 477–479.

Системы управления и роботехника, программная инженерия и компьютерная техника

УДК 621.3

МОДЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НАГРУЗОК НА НАКОПИТЕЛЬ ЭНЕРГИИ В СИСТЕМЕ «ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ-ДВИГАТЕЛЬ ПОСТОЯННОГО ТОКА С АККУМУЛЯТОРНОЙ БАТАРЕЕЙ»

Архарова М.В.[1] *(студент),* ***Арбузина А.А.***[1] *(студент),* ***Гостев М.В.***[1] *(студент)*

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент Поляков Н.А.[1]

[1]*Университет ИТМО*

e-mail: margo.arkharova@mail.ru

Работа выполнена в рамках темы НИР №422067 «Модульное зарядное устройство для малого электротранспорта»

В данной работе разработана модель системы «полупроводниковый преобразователь-двигатель постоянного тока с аккумуляторной батареей», которая позволяет сравнивать показатели, полученные с датчиков обратной связи по напряжению и току с параметрами, снятыми с аккумуляторной батареи. На основе полученных данных оценивается возможность прогнозирования расхода энергии аккумуляторной батареи при заданной траектории движения.

Ключевые слова
Двигатель постоянного тока, модель, аккумуляторная батарея, полупроводниковый преобразователь, накопитель энергии.

При проектировании систем с автономным электропитанием, которые предназначены для перемещения объектов, важно правильно учитывать параметры энергопотребления и соотносить их с энергоемкостью установленного накопителя энергии. Данная проблема относится в широком смысле как к устройствам электротранспорта, так и к автономным роботизированным системам на колесной базе. На сегодняшний день известны принципы построения математических моделей для различных типов аккумуляторных батарей [1], самыми распространёнными из которых являются литий-ионные батареи, ввиду оптимального соотношения массогабаритных показателей и энергоемкости [2]. Кроме того, известны математические модели, описывающие системы электропривода, например, замкнутые двухконтурные системы управления электропривода с контурами скорости и момента (тока) и трехконтурные с контурами положения, скорости и момента [3]. Однако, при проектировании таких систем требуется решать ряд задач, связанных с прогнозированием дальности хода при текущем состоянии заряда (англ. State of Charge (SoC)) аккумуляторной батареи, поэтому необходимо разработать имитационную модель устройства, которая позволяла бы имитировать заданные циклограммы работы электропривода и при этом корректно воспроизводила нагрузки, создаваемые такой системой на накопитель энергии, чтобы отслеживать процесс разряда батареи.

В рамках данной работы в качестве прототипа автономной роботизированной системы на колесной базе был выбран робот Rover Pitsco TETRIX PRIME for NI myRIO [4].

Для моделирования работы системы, были исследованы характеристики двигателя постоянного тока IG220053X00085R, входящего в состав замкнутой системы электропривода с аккумуляторным источником питания, изображенного на рисунке, где 1 – аккумулятор, 2 – PWM Motor Driver, 3 – двигатель постоянного тока.

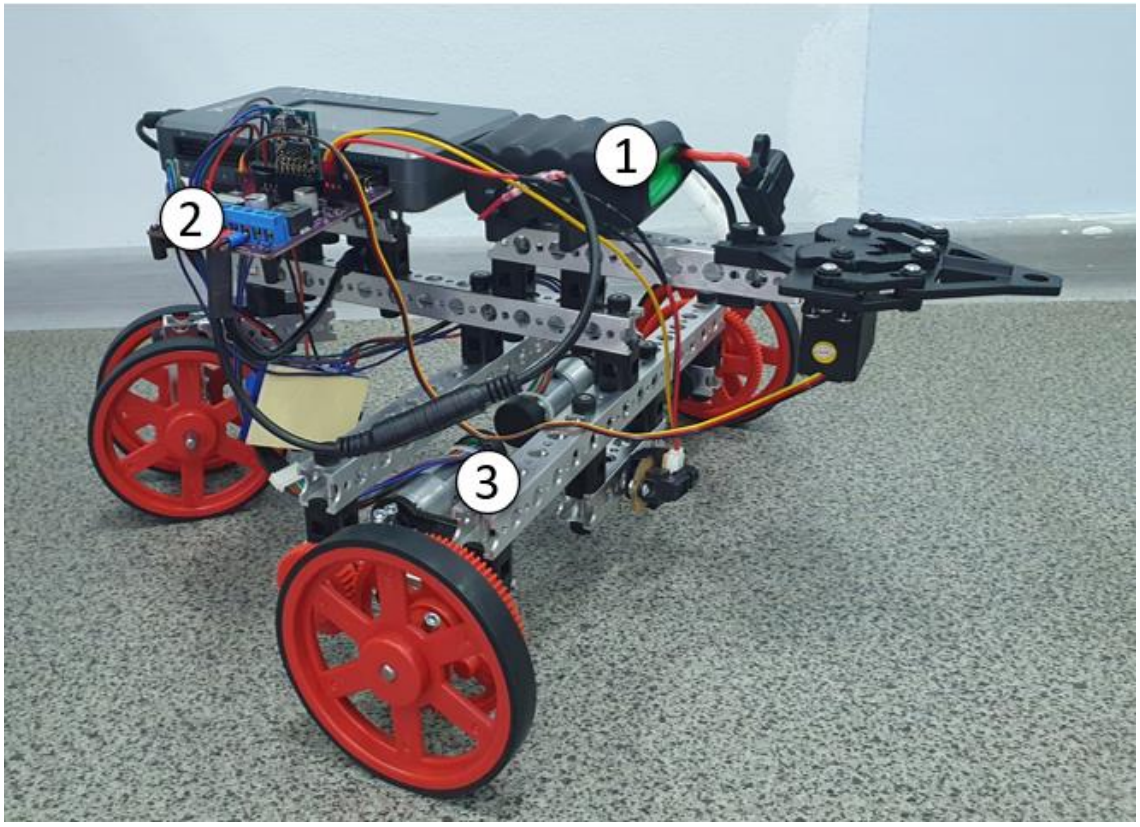


Рис. 1. Строение системы

Для дальнейшего исследования работы системы была разработана имитационная модель, представленная на рисунке 2. Данная модель позволяет проводить модельное исследование работы замкнутой системы электропривода с заданной полезной нагрузкой, под которой понимается статический тормозной момент, эквивалентный номинальному моменту двигателя, и без нее. В полученной схеме были учтены моменты вязкого и сухого трения системы, включая нагрузки, которые создает редуктор. Таким образом, данная модель позволяет отслеживать расход мощности в системе электропривода как на преодоление статического полезной нагрузки, так и на покрытие потерь в электродвигателе, а также на обеспечение динамического момента при разгоне и торможении электрической машины [5].

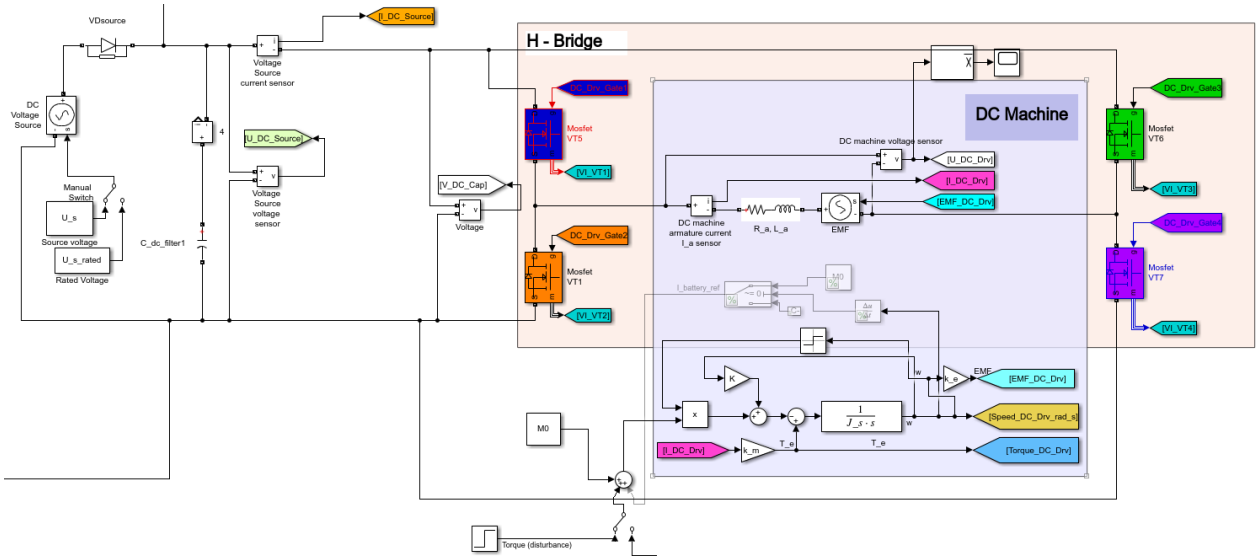


Рис. 2. Система Шип – ДПТ

На рисунке 3 представлены графики скорости, тока и напряжения системы при разных значениях полезной нагрузки.

а

б

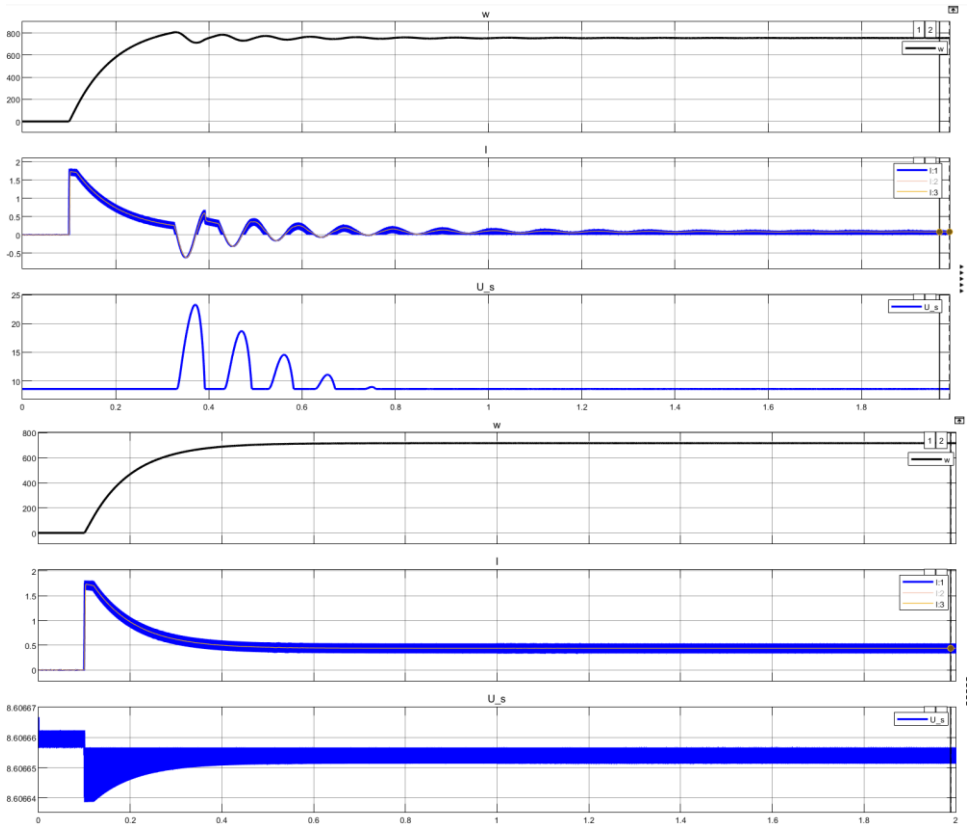


Рис. 3. Графики работы системы: а – без полезной нагрузки, б – с полезной нагрузкой

В таблицах 1 и 2 представлены результаты, полученные в ходе эксперимента по изучению двигателя постоянного тока и в результате моделирования работы системы. В случае, когда моделирование производилось без учета полезной нагрузки погрешность в достижении тока скорости составляет менее 2%, это демонстрирует корректность работы построенной модели в данном режиме моделирования, однако, для того чтобы убедиться в корректности отработки модели при других условиях, было произведено моделирование системы с полезной нагрузкой, где погрешность между данными составила менее 10%. Такая точность достаточна для того, чтобы на основе этих двух сравнений сделать вывод о том, что система работает корректно в обоих случаях.

Таблица 1

Работа системы без полезной нагрузки

Параметр	Экспериментальные данные	Моделирование
Ток	78 мА	77.5мА
Скорость	754,9 рад/с	754,8 рад/с

Таблица 2

Работа системы с полезной нагрузкой

Параметр	Паспортные данные	Моделирование
Ток	48 мА	44 мА
Скорость	754,9 рад/с	716,9 рад/с

После проверки построенной системы на корректность работы, было произведено сравнение энергий, которые представлены в таблице 3. В ней приведены два способа определения затраченной энергии аккумуляторной батареи: прямое снятие энергии с батареи и вычисление затраченной энергии с помощью датчиков обратной связи. Результатом сравнения является процент ошибки. В данном случае ошибка является непостоянной и растет вместе с увеличением времени работы системы, поэтому данный способ можно использовать только на коротко временный режим работы.

Таблица 3

Сравнение полученных энергий

Время	Энергия с батареи	Энергия с датчиков обратной связи	Ошибка
0,2	0,1051	0,1105	5%
1,0	0,3511	0,3879	10%
2,0	0,4743	0,5542	15%

Таким образом, на основании экспериментальных данных была разработана имитационная модель привода системы двигателя постоянного тока IG220053X00085R и драйвера DRV84x2 Dual Full-Bridge PWM Motor Driver, корректно отрабатывающая различные режимы нагрузки. Эта модель системы была объединена с моделью источника в виде аккумуляторной батареи, также разработанной на основе экспериментального исследования. В ходе исследования был проведен сравнительный анализ способов определения нагрузок на накопитель энергии, оценено процентное соотношение между энергией, получаемой непосредственно с аккумуляторного устройства и энергией, получаемой с датчиков обратной связи. В дальнейшем планируется усовершенствовать модель для определения затраченной энергии и добиться повышения точности определения SoC на конечном устройстве.

Список использованных источников

1. Roselyn P., Ravi A., Devaraj D., Venkatesan R. Optimal SoC Estimation considering hysteresis effect for effective battery management in shipboard batteries // IEEE Journal of emerging and selected topics in power electronics. 2021. Vol. 9. №.5. Pp. 5533–5541.
2. Xianqing Liu, Changhong Wang, Tingting Wu, Zhuoming Li, Chili Wu A novel stable and flexible composite phase change materials for battery thermal management // Applied Thermal Engineering: 2022, 118510. Vol. 212. Pp. 1–11.
3. Egorov A., Poliakov N., Tomasov V. Method of braking circuit resistance estimation for closed loop drive system with big rotating masses in speed reverse operating mode with current limitation // 2016 IX International Conference on Power Drives Systems (ICPDS), Perm, Russia, 2016. Pp. 1–5. DOI: 10.1109/ICPDS.2016.7756739.
4. Гриссом Р. Инструкция по сборке роботов: Pitsco TETRIX PRIME для NI myRIO. 2014. С. 51–57.
5. Борисов П.А. Лукичев Д.В. Методики анализа и синтеза энергоподсистем приборных электроприводов // Приборостроение. 2011. №1. Vol. 54. С. 50–55.

УДК 67.05

РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ ЦИКЛОВ ИЗМЕРЕНИЙ ЗАГОТОВОК И РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА НА ОБОРУДОВАНИИ С ЧПУ

Басова Т.В.[1] *(аспирант)*

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент Андреев Ю.С.[1]

[1]*Университет ИТМО*

e-mail: tvbasova@itmo.ru

Работа выполнена в рамках темы НИР №17984ГУ/2022 «Разработка программного комплекса для измерения и активного контроля режущего инструмента на станках с числовым программным управлением»

В работе рассмотрено применение на оборудовании с ЧПУ циклов измерений заготовок и режущего инструмента систем технической диагностики и контроля, с целью обеспечения работоспособного состояния технологической системы по параметрам качества изготовления деталей в течение требуемого времени.

Ключевые слова
Операционный контроль, режущий инструмент, техническая диагностика, станки с ЧПУ, качество изготовления деталей, циклы измерений.

Операции механической обработки на оборудовании с ЧПУ являются одними из самых распространёнными при изготовлении деталей приборостроения. Для изготовления деталей в заданном количестве с обеспечением требуемого качества их изготовления в течение требуемого времени необходимо учитывать основные факторы, влияющие на качество и производительность механической обработки, а также предпринимать методы их нивелирования [1, с. 9–16]. Как известно механическая обработка является многофакторным процессом, при этом причинами неработоспособного состояния технологической системы, как по обеспечению параметров производительности, так и по параметрам качества изготовления деталей, может происходить из-за износа и поломки режущего инструмента, несбалансированных в системе сил резания, некорректного определения координат нулевой точки режущего инструмента на станке с ЧПУ [2, 3]. Подобные события на станке с ЧПУ являются трудно прогнозируемыми, поэтому в условиях производства распространен контроль обрабатываемых заготовок во время первоначальной настройки режущего инструмента, а также осуществляемый периодически, с целью устранения на станке выявленных погрешностей при последующей обработке.

Для минимизации технологического брака, возможно осуществление контроля обрабатываемых заготовок и РИ с помощью ручного измерительного инструмента, специальных приборов, а именно координатно-измерительной машины (КИМ) и прессетор, а также систем технической диагностики и контроля режущего инструмента и заготовок. Использование ручных измерительных инструментов для контроля размеров изделий является трудоемким. С другой стороны, КИМ и прессетор обеспечивают высокую точность результатов измерений, однако требуется транспортировка наблюдаемого объекта на прибор, не встраиваемый в рабочую зону оборудования с ЧПУ, а также необходимо поддерживать особые условия эксплуатации прибора.

Системы технической диагностики и контроля режущего инструмента и заготовок характеризуются как надежностью и точностью результатов измерений, а также обеспечением измерений на оборудовании с ЧПУ без транспортировки наблюдаемого объекта. Однако, для

работы данных систем необходима программа определения геометрических размеров (цикл измерения), содержащая переменные, значения которых должны быть подобраны индивидуально в зависимости от режущего инструмента или заготовки, а также выполняемой задачи контроля. Так как значения вносятся вручную и требуется предварительный сбор и обработка данных, появляется вероятность появления ошибки в программе определения геометрических размеров наблюдаемого объекта, что может привести к поломке дорогостоящего режущего инструмента и оборудования, производственному браку, а также к простою производства. Можно отметить, что алгоритмы функционирования систем технической диагностики и контроля почти не адаптируются под конкретные производственные потребности, например, не предусмотрен операционный контроль [4].

В связи с данными трудностями, без усовершенствования алгоритмов функционирования систем технической диагностики и контроля, а также автоматизации их программирования не получается настроить автономную работу технологической системы без вмешательства специалистов для ее отладки. Например, при анализе статистических данных загрузки и простоев оборудования с ЧПУ (рис. 1), полученных от десяти обрабатывающих станков ЧПУ в течение 0,5 года системой мониторинга промышленного оборудования «СМПО Foreman» [5], можно сделать вывод, что такие процессы как обнуления (определение нулевой точки заготовки) и замеры потребляют, в комплексе с остальными, 28% от общего времени работы по графику, а время механической обработки всего 41%. Также в связи с неавтоматизированным контролем режущего инструмента и обрабатываемых размеров не обеспечивается заданное качество изготовление деталей.

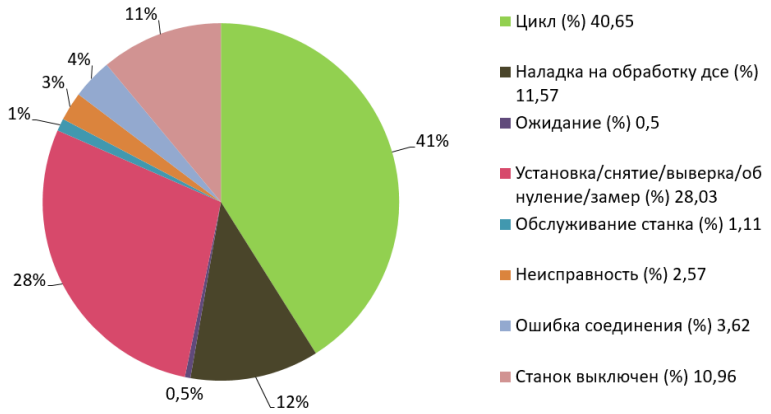


Рис. 1. Среднестатистические данные загрузки и простоев десяти обрабатывающих станков с ЧПУ в течение 0,5 года

Для обеспечения работоспособного состояния технологической системы по параметрам качества изготовления деталей в течение требуемого времени был разработан и внедрен метод операционного контроля режущего инструмента и обрабатываемой заготовки, основанный на мультисенсорном объединении данных от двух систем технической диагностики и контроля. Данный метод подразумевает контроль режущего инструмента и заготовок путем определения геометрических размеров в начале и в конце технологических переходов системами диагностики и контроля, вызываемых циклами измерения, размещенных в коде управляющей программы для оборудования с ЧПУ. С целью минимизации ошибок программирования значения переменных циклов измерения инструмента подставлялись автоматически постпроцессором станка с ЧПУ в код программы на основании информации, указанной в базе данных технических параметров инструмента, значения которых были рассчитаны через выведенные формулы. Формулы для вычисления значений переменных программы, а также рекомендаций к структуре базы данных технических параметров инструмента, были выведены на основе анализа особенностей программирования систем технической диагностики и контроля инструмента, а также геометрических характеристик режущего инструмента и специфики его износа. Одна из выведенных формул для расчета переменной цикла измерения

«Pz», отвечающей за осевое положение луча лазера при определении геометрических размеров корпуса гребенчатой резьбовой фрезы, представлена (1).

$$\mathrm{Pz} = (\mathrm{INSL} - \left[\frac{\mathrm{INSL}}{\mathrm{TP}}\right] - 1) * \frac{\mathrm{Tp}}{2}, \quad (1)$$

где INSL – длина пластины, Tp – шаг резьбы пластины;

Параметры циклов измерений заготовки определялись во время CAM-разработки управляющей программы для станка ЧПУ посредством назначения на 3D-модели заготовки координат точек измерений элемента. В алгоритме операционного контроля режущего инструмента и обрабатываемой заготовки геометрические размеры обрабатываемого элемента, а также значение износа режущего инструмента фиксируются в системе ЧПУ (рис. 2) с целью автоматического расчета величины коррекции на радиус инструмента на последнем чистовом технологическом переходе.

Рис. 2. Алгоритм операционного контроля РИ и обрабатываемой заготовки

После внедрения разработанного метода операционного контроля, включающего циклы измерения инструмента и заготовки на оборудовании с ЧПУ, было достигнуто изготовление деталей до 8-го квалитета в автоматическом режиме без применения расточных головок и доработки заготовки в конце операции. Также, согласно статистическим данным работы оборудования, собранных системой «СМПО Foreman» за один месяц, некоторые причины простоев, а именно, простои, связанные с контролем заготовки оператором станка с ЧПУ при помощи измерительных инструментов, изготовлением элементов детали в ручном режиме на станке с ЧПУ и пр., были сокращены до 70% или устранены вовсе. Таким образом, в результате внедрения циклов измерений, технологическая система становится более работоспособной по параметрам обеспечения качества и производительности, за счет корректировки выявленных погрешностей обработки. Однако с целью повышения надежности технологической системы планируется разработка методики прогнозирования технического состояния режущего инструмента, основанной на представленном методе операционного контроля.

Список использованных источников

1. Правиков Ю.М., Муслина Г.Р. Основы теории надежности технологических процессов в машиностроении: учебное пособие // Ульяновск: УлГТУ. 2015. 122 с.

2. Темпель Ю.А., Темпель О.А. Особенности и факторы, оказывающие влияние на точность механической обработки на станках с ЧПУ //Новые технологии-нефтегазовому региону. 2016. С. 265–270.
3. Сидоров А.С. Мониторинг и прогнозирование износа режущего инструмента в мехатронных станочных системах // Уфа: Уфимский государственный авиационный технический университет. 2007. 122 с.
4. Мартинов Г.М., Мартинова Л.И. Формирование базовой вычислительной платформы ЧПУ для построения специализированных систем управления // Вестник МГТУ Станкин. 2014. №.1. С. 92–97.
5. Зайцева А.Д., Ерохина Е.В. Системы мониторинга станков с числовым программным управлением как источник повышения эффективности производства // Научные исследования XXI века. 2019. №.2. С. 49–55.

УДК 004.416.3;004.418;004.9;65.011.56;658.512.4

ОРГАНИЗАЦИЯ СКВОЗНОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА НА ПРИБОРОСТОИТЕЛЬНОМ ПРЕДПРИЯТИИ

Бахта В.В.*[1] *(аспирант)

***Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент Помпеев К.П.*[1]**

[1]*Университет ИТМО*

e-mail: tigris0802@gmail.com

Работа выполнена в рамках темы НИР №620164 «Методы искусственного интеллекта для киберфизических систем»

В работе рассмотрены сущность сквозного проектирования, сквозная 3D-технология компании АСКОН, а также программный состав комплекса этой компании. Рассмотрены этапы и проблемы внедрения данной технологии в рамках организации сквозной конструкторско-технологической подготовки производства (КТПП).

Ключевые слова
Конструкторско-технологическая подготовка производства, сквозное проектирование, сквозная 3D-технология, программный комплекс, проблемы организации КТПП.

Появление термина «сквозное проектирование» и его активное использование относят к 60-70-м годам XX века, когда с усложнением продукции конструкторско-технологическая документация на бумаге стала включать много ошибок, что сказывалось на качестве и стоимости производства продукции. Для устранения (снижения количества) этих ошибок потребовалась автоматизация процессов взаимосвязанной разработки конструкторско-технологической документации по изготовлению сложной и наукоемкой продукции. А именно потребовалась взаимная увязка данных, используемых при конструкторской и технологической подготовках производства. Требовался такой способ передачи информации об изделии, который не приводил бы к утрате какой-либо ее части, и она могла бы использоваться на протяжении всего жизненного цикла изделия (ЖЦИ). Так появилась концепция сквозного проектирования при проведении КТПП.

Сквозное проектирование находило реализацию в разработках систем сквозного проектирования, разработках CALS-технологий и концепций PLM [1]. В 2012 году понятие сквозного проектирования нашло свое отражение в «Сквозной 3D-технологии проектирования, моделирования, расчетов, испытаний и производства» компании АСКОН. Сквозная 3D-технология АСКОН (сокращенно СТ3D) подразумевает применение программного комплекса в рамках единого информационного пространства предприятия.

Методология применения данной технологии описывает организацию автоматизированного управления процессами ЖЦИ. Применение данной методологии позволит сократить сроки КТПП, повысить качество конструкторско-технологической документации, а также снизить долю брака при внедрении и реализации спроектированных технологий, повысить точность планирования процессов производства и быстрее перейти к выпуску промышленным предприятием новой продукции. Таким образом, целесообразна разработка конкретной методики сквозной автоматизированной КТПП.

Процессы, сопутствующие КТПП [2]:

- разработка документов и данных, которая включает:
  - функции планирования работ по разработке изделия, эскизного проектирования, распределения заданий на проектирование, разработку 3D-моделей, ассоциативных чертежей, сводных документов;
  - функции технологического проектирования, нормирования работ технологической подготовки производства, распределения заданий по технологическим подразделениям и исполнителям, формирования межцеховых технологических маршрутов, нормирования расхода материалов и трудозатрат;
- согласование и утверждение документов и данных;
- работа с архивами (хранение, выдача, обращение и учет документов);
- проведение изменений в документах и данных;
- обмен данными с внешними системами (включает функции передачи электронных структур изделия, отдельных документов и данных между предприятиями-кооператорами или удаленными подразделениями одного предприятия.).

Состав программных средств реализации CT3D включает в себя как программы компании АСКОН (см. рисунок), так и программы других производителей, такие как [2]:

- ADEM (CAM-система для подготовки управляющих программ (УП) для станков с ЧПУ с поддержкой до пяти одновременно работающих координат);
- APM WinMachine (CAE-система для решения обширного круга прикладных задач, таких как анализ напряженно-деформированного состояния (с помощью метода конечных элементов) трехмерных объектов);
- ГЕММА-3D (CAM-система для разработки УП при изготовлении деталей сложной конфигурации на всех типах станков с ЧПУ);
- Altium Designer (ECAD-система проектирования печатных плат).

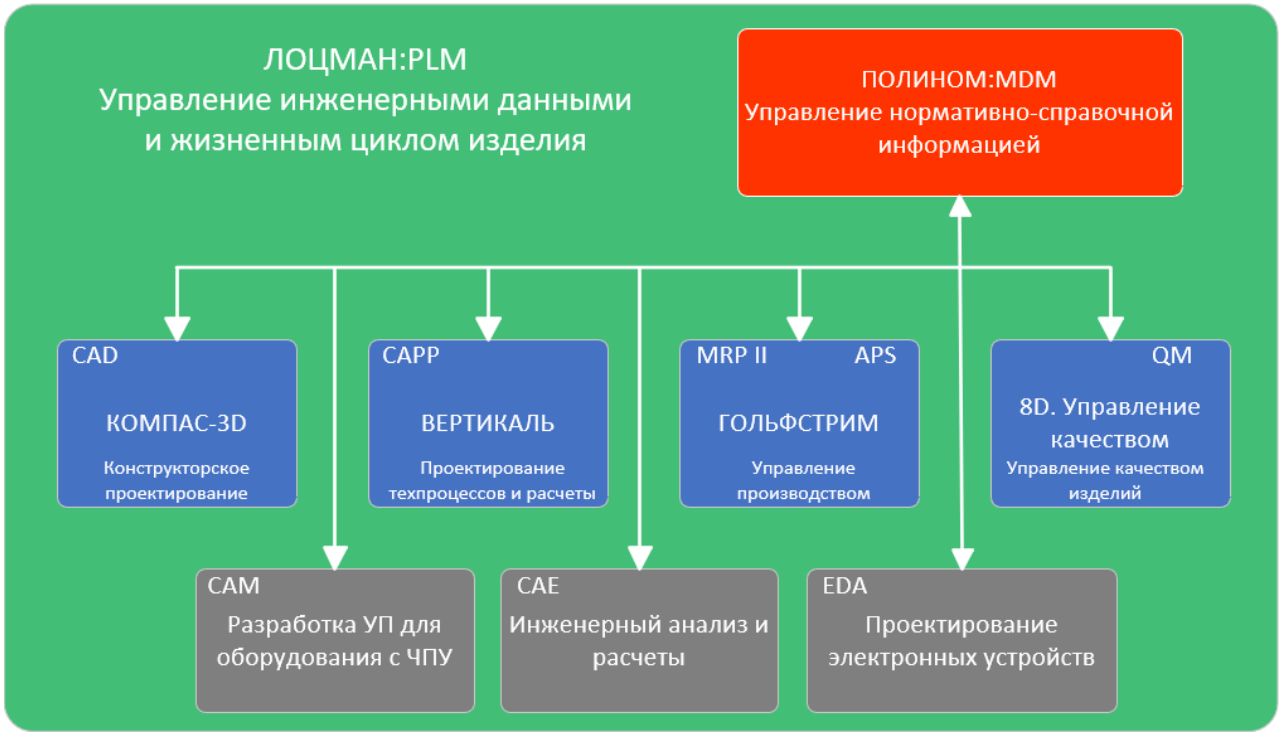


Рисунок. Программный комплекс АСКОН [3]

ЛОЦМАН: PLM – центральный компонент программного комплекса, на основе которого организуется единое информационное пространство предприятия. Он осуществляет интеграцию CAD-, CAM-, CAE- и MDM-систем, а также управление информацией об изделиях

и их компонентах, хранение технической документации на них, управление процессом их разработки и т. д. [4].

Выделяются следующие этапы внедрения технологии:

- предпроектный этап: сбор сведений об объекте автоматизации; разработка технического задания на создание автоматизированной системы (особые требования по интеграции с используемыми на предприятии программными средствами или по реализации особых форм отчетности);
- подготовительный этап: развертывание необходимого количества серверов и рабочих станций с установленным и настроенным ПО; обучение специалистов команды внедрения заказчика;
- проектирование автоматизированной системы: ее интеграция с унаследованными системами; добавление новых форм отчетов; отработка типовых решений на развернутом ранее технологическом полигоне и их адаптация под специализированные задачи предприятия;
- ввод в действие: установка и настройка ПО на рабочих местах пользователей; обучение участников испытаний и опытной эксплуатации; проведение опытной и постоянной эксплуатации;
- результат: действующая автоматизированная система, выполняющая требуемые задачи.

Внедрение технологии CT3D подразумевает выбор между [2]:

- построением уникальных автоматизированных систем управления жизненным циклом изделия (АСУ ЖЦИ);
- применением типовых АСУ ЖЦИ [3].

В случае применения уникальных АСУ ЖЦИ необходимо адаптировать системы под требования и специфику предприятия. Для этого необходимо провести глубокий анализ предприятия, большой объем мероприятий по настройке программного комплекса, его конфигурации с дальнейшим проведением его опытной эксплуатации.

В случае применения типовых АСУ ЖЦИ необходимо интегрировать приобретаемые системы с уже применяемыми системами предприятия.

И в том, и в другом случае для организации на предприятии сквозного проектирования на этапах ЖЦИ в целом, и при проведении КТПП в частности, существует потребность отбора и при необходимости обучения сотрудников, способных работать с применяемыми системами, а также необходимость оценки финансовых затрат, которые зависят от конфигурации этих систем и степени их адаптации.

Список использованных источников

1. Технологии управления жизненным циклом изделия (PLM-системы) / Агентство промышленного развития города Москвы. – Москва. 2020. 106 с.
2. Сквозная 3D-технология: типовой не значит стандартный. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ascon.ru/source/info_materials/ascon_corporate_magazine_16.pdf (дата обращения: 15.02.2023).
3. Сквозная 3D-технология АСКОН. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ascon.ru/solutions/ct3d/ (дата обращения: 07.02.2023).
4. ЛОЦМАН Клиент. Руководство пользователя. – ООО «АСКОН-Бизнес-решения». 2020. 720 с.

УДК 004.089

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПОМОЩИ СЛАБОВИДЯЩИМ ЛЮДЯМ НА БАЗЕ ТЕХНОЛОГИИ EDGE AI

Бетеня Д.С.[1] *(студент)*

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент Муромцев Д.И.[1]

[1]*Университет ИТМО*

e-mail: dashabetenia@gmail.com

В данной работе предлагается новое решение для помощи слабовидящим людям на базе технологии периферийного искусственного интеллекта Edge AI. Спроектированная система представляет из себя программно-аппаратный комплекс для распознавания изображений с помощью сверточной нейронной сети YOLOv5 с аппаратной поддержкой в виде микроконтроллера со встроенным нейроускорителем Kneron KL520.

Ключевые слова
Периферийный искусственный интеллект, сверточная нейронная сеть, микроконтроллер, нейроускоритель, программно-аппаратный комплекс.

Разработка устройств для улучшения качества жизни слабовидящих и незрячих людей является актуальным направлением современных исследований. Наиболее продвинутые технологии ассистирования, использующие искусственный интеллект, включают такие решения, как PeopleLens, Seeing AI и Biped.ai (рис. 1).

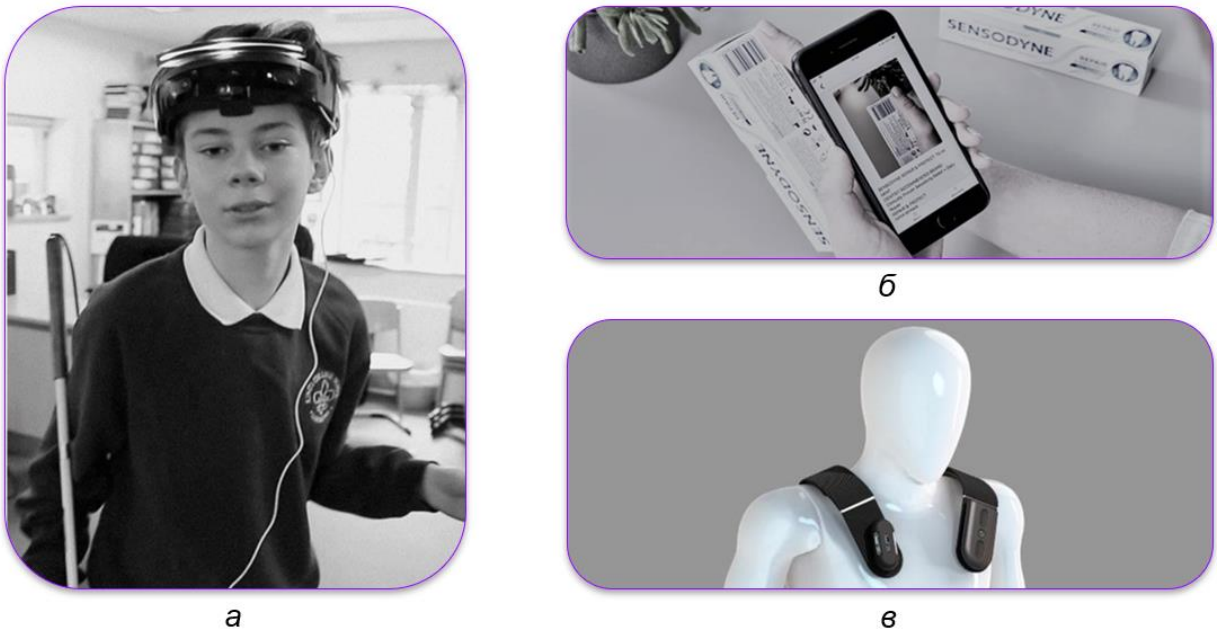


Рис. 1. Технологии для помощи слабовидящим людям:
а) PeopleLens [1]; б) Seeing AI [2]; в) Biped.ai [3]

PeopleLens компании Microsoft – платформа для помощи слепым людям взаимодействовать с их социальным окружением, состоящая из устройства в виде двух камер, закрепленных на голове пользователя, и облачного сервиса. Основное внимание данной технологии сосредоточено на идентификации людей. Seeing AI – это мобильное приложение,

которое использует технологию искусственного интеллекта для распознавания и чтения коротких текстовых отрывков, документов, этикеток продуктов, штрихкодов, а также для описания людей и пейзажей, снятых камерой мобильного телефона. Biped.ai – устройство, которое носится на плечах как рюкзак, оснащенный сверхширокоугольными 3D-камерами слева от груди, батареей за шеей и небольшим компьютером справа от груди. Biped анализирует окружающую среду, чтобы обнаруживать и прогнозировать препятствия на несколько секунд вперед. Затем он фильтрует соответствующую информацию и предупреждает владельца с помощью иммерсивных 3D-звуков, передаваемых через наушники. Устройство использует технологию автономного вождения от научно-исследовательского института Honda. Система также предоставляет инструкции GPS.

Все вышеперечисленные устройства используют подключение к облачным сервисам для обработки изображений. Предлагаемое новое решение состоит в применении технологии периферийного искусственного интеллекта Edge AI.

Устройство на базе технологии Edge AI включает в себя очки с камерой, распознающей видео в режиме реального времени, динамик, преобразующий визуальную информацию в аудио для передачи данных об окружающих объектах пользователю, а также микрофон для считывания команд пользователя. Благодаря использованию периферийных вычислений система не нуждается в связке с интернетом, подключении к удаленным серверам. Таким образом, огромные объемы данных пользователя не передаются во внешний мир, всё сохраняется внутри, что обеспечивает большую безопасность и конфиденциальность, экономию трафика и быстрые вычисления.

Дополнительным преимуществом является независимость устройства от качества связи и передачи данных, что предоставляет эффективный контроль над непрерывностью операций. В результате повышается производительность устройства и снижаются эксплуатационные расходы. Еще одним достоинством чипов на базе технологии Edge AI является небольшой размер, что позволит создать компактное устройство, удобное в эксплуатации [4].

В рамках поставленной цели были выполнены следующие задачи:

1. Определение базовых функций устройства, описание пользовательских сценариев.
2. Исследование объектов для детекции и поиск наборов данных для обучения.
3. Определение средств реализации и применяемых технологий.
4. Настройка взаимодействия с аппаратным решением.
5. Отладка процесса обработки изображений с помощью нейронной сети.

Работа устройства должна осуществляться в режиме реального времени. Заряда аккумулятора должно хватать на не менее 12 часов автономной работы. Чувствительность камеры или минимальный уровень освещенности объектов не должен быть меньше 10 лк. При задании изначальных настроек необходимо обеспечить выборность двух языков: русского и английского.

Требования к юзабилити:

1. Включение и выключение устройства по кнопке.
2. Регулировка громкости.
3. Возможность смены автоматического режима озвучивания на командный.

Требования к голосовым данным с микрофона:

1. Присутствие только одного голоса пользователя в единицу времени.
2. Уровень полезного сигнала речи при задании команд не ниже 40 дБ.
3. Распознавание и устранение фонового шума уровнем до 30 дБ.

В качестве аппаратного решения технологии Edge AI были выбраны нейрочипы KL520 производителя Kneron (рис. 2).

Программное обеспечение Kneron включает в себя средства для эмуляции работы чипов с помощью виртуальных контейнеров, заранее созданные и оптимизированные реализации нейронных сетей и алгоритмов машинного обучения, а также библиотеки для взаимодействия с ними, что упрощает и ускоряет разработку системы [5]. Для обеспечения работы устройства в режиме реального времени была выбрана легковесная нейросетевая модель YOLOv5.

Рис. 2. Внешний вид нейрочипов KL520

В рамках задачи детектирования множества объектов на городских улицах используется набор данных MOT17. Классы движущихся объектов (машин, автобусов, прохожих, велосипедистов) являются целевыми и выделены красным – они наиболее важны для оценки. Классы, помеченные оранжевым, включают в себя статичные объекты (людей, столбы, мусорные баки, деревья). Классы зеленого цвета представлены надписями, вывесками, постерами.

В результате работы была спроектирована система, представляющая из себя программно-аппаратный комплекс для распознавания изображений с помощью сверточной нейронной сети YOLOv5 с аппаратной поддержкой в виде микроконтроллера со встроенным нейроускорителем Kneron KL520. При помощи настройки взаимодействия с прошивкой чипа и отладки процесса обработки изображений нейронной сетью был получен прототип программы, работающий как с записанными видео, так и в режиме реального времени.

Список использованных источников

1. Morrison C., Cutrell E., Grayson M. PeopleLens // Interactions. 2021. Vol. 28. №. 3. Pp. 10–13.
2. Description of talking camera app for those with a visual impairment. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.microsoft.com/en-gb/ai/seeing-ai (дата обращения: 23.01.2023).
3. Description of smart copilot for blind and visually impaired people. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.biped.ai (дата обращения: 23.01.2023).
4. Xiaofei Wang, Yiwen Han, Victor C.M. Convergence of Edge Computing and Deep Learning: A Comprehensive Survey // IEEE Communications Surveys & Tutorials. 2020. Vol. 22. №. 2. Pp. 869–904.
5. Toolchain Manual Overview. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://doc.kneron.com/docs/#toolchain (дата обращения: 10.09.2022).

УДК 537.622.4

МЕТОД НАХОЖДЕНИЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО КОЭФФИЦИЕНТА ЭКРАНИРОВАНИЯ ЭКРАНОВ НАВИГАЦИОННЫХ ПРИБОРОВ

***Власова М. А.*[1, 2] *(студент),* ***Шевченко А. Н.*[2]**

***Научный руководитель – кандидат технических наук Безмен Г.В.*[2]**

[1]*Университет ИТМО*
[2]*АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор»*

e-mail: mary_vlasova446@mail.ru

Работа выполнена в рамках темы НИР №622286 «Разработка оборудования для обеспечения проведения биомагнитных исследований в области нейротехнологий»

Экспериментально исследована зависимость дифференциального коэффициента экранирования от амплитуды изменения внешнего магнитного поля. Предложен метод нахождения дифференциального коэффициента экранирования с использованием коммерческого магнитометра при больших амплитудах изменения внешнего поля с последующей экстраполяцией на область малых изменений внешнего поля.
Ключевые слова
Магнитное экранирование, гистерезис, коэффициент экранирования.

Магнитное экранирование активно применяется для защиты от внешних полей в различных областях: от ключевых элементов квантовых приборов [1] до оборудования высокоточных биомедицинских исследований [2], измеряющего сверхслабые магнитные поля человеческого организма, и особо чувствительного к изменению внешних магнитных полей. Кроме того, многослойные магнитные экраны активно применяются при создании навигационных приборов [3], так как такие датчики, как волоконно-оптические и ядерные магнитные гироскопы имеют высокую чувствительность к внешним магнитным полям.

Один из наиболее важных параметров, характеризующих качество экранирования – коэффициент экранирования, определяемый как отношение индукции внешнего магнитного поля $B_{внеш.}$ к индукции поля в полости, защищённой экраном $B_{внутр.}$:

$$К = \frac{В_{внеш.}}{В_{внутр.}}. \quad (1)$$

Однако формула (1) применима лишь для размагниченных экранов и статических магнитных полей. Если экран был ранее намагничен, то рассчитать коэффициент экранирования корректно по формуле (1) невозможно из-за возникающих в нём гистерезисных эффектов, заключающихся в том, что магнитное поле в экране не имеет однозначной зависимости от внешнего поля и определяется сочетанием индукции внешнего поля и предысторией намагниченности экрана. Для таких случаев вводится понятие дифференциального коэффициента экранирования [4]:

$$К_{диф.} = \frac{\Delta В_{внеш.}}{\Delta В_{внутр.}}, \quad (2)$$

где $\Delta B_{внеш.}$ – амплитуда изменения внешнего поля, $\Delta B_{внутр.}$ – амплитуда изменения поля внутри экрана.

При этом чувствительность магнитометра $\Delta B_{магн.}$ должна быть существенно меньше амплитуды изменения поля внутри экрана $\Delta B_{внутр.}$. Получается, что для многослойных экранов с большим коэффициентом экранирования достоверно измеряемое изменение внутреннего поля

$\Delta B_{внутр.}$ может быть получено лишь при значительных изменениях внешнего поля $\Delta B_{внеш.}$. Измерить магнитные поля внутри экрана при малых изменениях внешнего поля $\Delta B_{внеш.}$ затруднительно. Возникает вопрос экстраполяции значения коэффициента экранирования в малых полях по значениям этого коэффициента, полученном при значительном изменении внешнего поля.

В работе описывается экспериментальная проверка метода нахождения дифференциального коэффициента экранирования, заключающегося в нахождении зависимости искомого коэффициента от амплитуд изменения внешнего магнитного поля и экстраполяции этой зависимости на область малых изменений внешнего поля.

Исследование зависимости дифференциального коэффициента экранирования от амплитуды изменения внешнего магнитного поля

При малых изменениях магнитных полей сложно определить коэффициент экранирования многослойных экранов. Однако для одного слоя возможно измерить как малые, так и большие изменения. Поэтому для исследования поведения коэффициента экранирования был использован один из слоев трёхслойного магнитного экрана интерферометра волоконно-оптического гироскопа, представляющий собой сплюснутый цилиндр, изготовленный из пермаллоя 79НМ [5]. Внешнее поле создавалось соленоидом, размещённым в технологическом экране, защищающем от магнитного поля Земли. Индукция магнитного поля внутри объёма экрана измерялась с помощью феррозондового магнитометра, установленного в его геометрическом центре. В рамках эксперимента получены графики зависимости индукции внутреннего поля $\Delta B_{внутр.}$ от внешнего $\Delta B_{внеш.}$ при различных амплитудах изменения индукции внешнего поля $\Delta B_{внеш.}$ и его постоянном среднем значении $\overline{B}_{внеш.}$ = 50 мкТл (рис. 1), при этом наблюдался эффект магнитного гистерезиса.

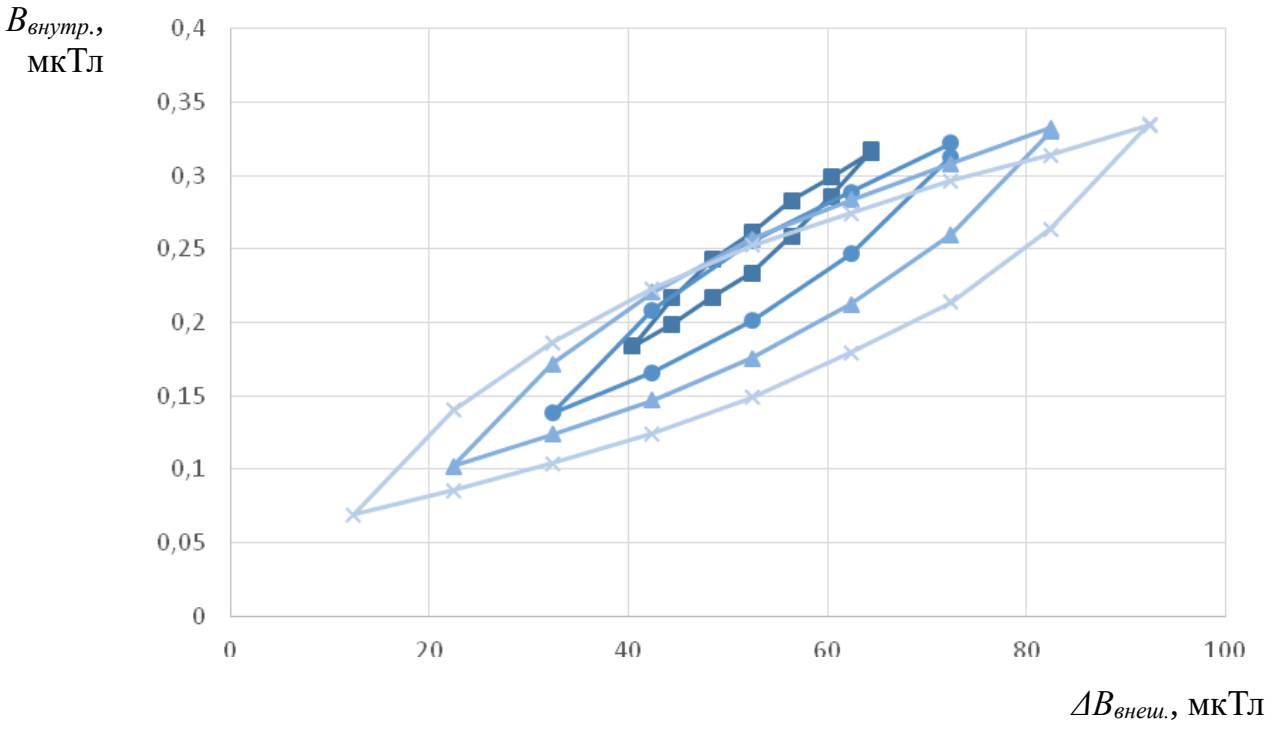


Рис. 1. Зависимости индукции внутреннего поля от внешнего при различных амплитудах изменения внешнего поля и его постоянном среднем значении $\overline{B}_{внеш.}$ = 50 мкТл

Графики на рисунке 1 отличаются друг от друга не только амплитудой внешнего поля, но и наклоном, который определяется дифференциальным коэффициентом экранирования $K_{диф}$. Для каждого из значений амплитуды изменения магнитного поля был определён $K_{диф.}$ по (2), а также составлен график его зависимости от амплитуды изменения внешнего поля $\Delta B_{внеш.}$ (рис. 2).

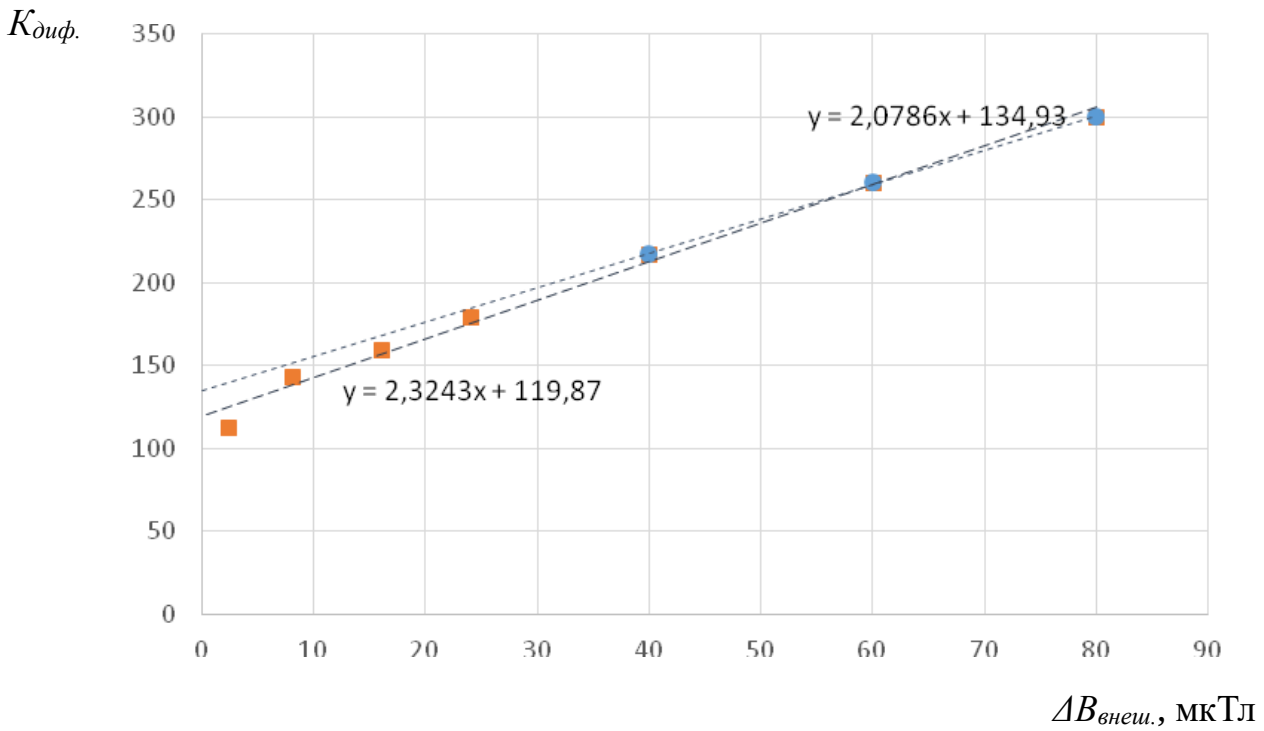


Рис. 2. Зависимость дифференциального коэффициента экранирования от амплитуды изменения внешнего магнитного поля при его постоянном среднем значении $\overline{B}_{внеш.}$ = 50 мкТл

Как видно на рисунке 2, зависимость дифференциального коэффициента экранирования от изменения амплитуды внешнего поля может быть аппроксимирована полиномом первой степени. Минимальный дифференциальный коэффициент экранирования может быть определён с помощью регрессионного анализа: для этого необходимо найти значение коэффициента, соответствующего изменению поля, стремящемуся к нулю. Для проверки корректности исследуемого метода были получены две аппроксимации: одна по измерениям внешнего магнитного поля на всём диапазоне измерений эксперимента (2–80 мкТл), вторая только по измерениям магнитного поля, сравнимым с земными (40–80 мкТл). Погрешность определения предельного коэффициента экранирования при $\Delta B_{внеш.}$, стремящемуся к нулю составила не более 11,2%.

Исследование зависимости дифференциального коэффициента экранирования от среднего значения внешнего магнитного поля

Известно, что экранирующие свойства материала определяются также его магнитной проницаемостью [4], нелинейно зависящей от изменения внешнего магнитного поля: в слабых полях магнитная проницаемость нелинейно растёт до максимальной, а после начинает убывать и, при достижении значения начальной магнитной проницаемости, можно говорить о том, что исследуемый экран вошёл в насыщение.

Для того, чтобы убедиться в том, что исследуемые дифференциальные коэффициенты экранирования определяются именно амплитудой изменения внешнего магнитного поля, а не зависимостью магнитной проницаемости от величины внешнего магнитного поля, был проведён другой эксперимент: при постоянной амплитуде изменения индукции поля $\Delta B_{внеш.}$= 40 мкТл менялось его среднее значение (рис. 3).

Зависимость дифференциального коэффициента экранирования $K_{диф.}$ от среднего значения индукции магнитного поля $\overline{B}_{внеш.}$ для рассмотренного на рисунке 3 случая представлена на рисунке 4.

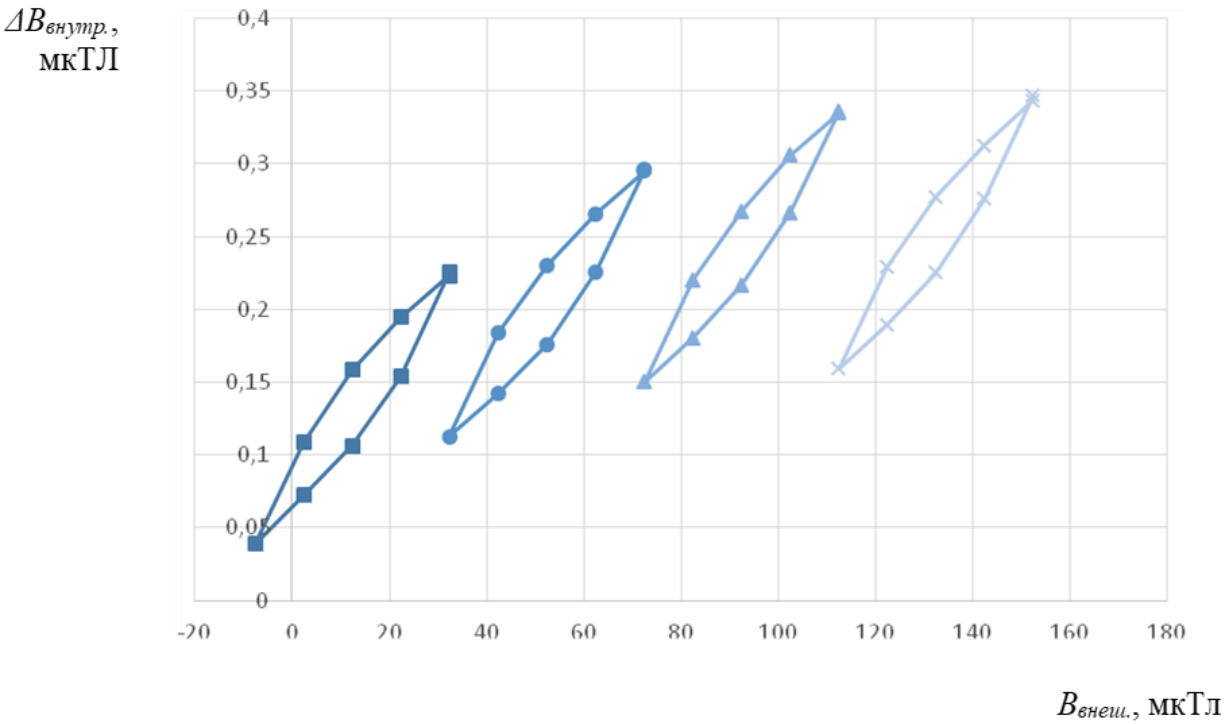


Рис. 3. Зависимости внутреннего поля от внешнего при фиксированных амплитудах изменения внешнего поля $\Delta B_{внеш.}$= 40 мкТл и изменении его среднего значения

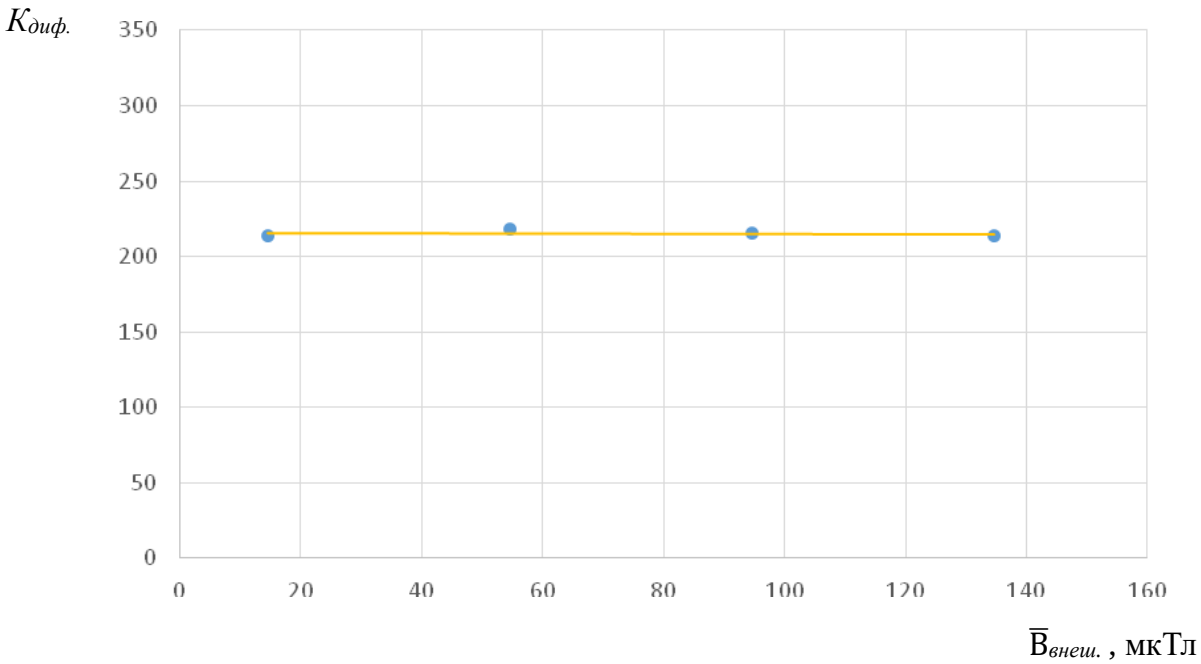


Рис. 4. Зависимость дифференциального коэффициента экранирования от амплитуды изменения внешнего магнитного поля при фиксированной амплитуде $\Delta B_{внеш.}$ = 40 мкТл и изменении среднего значения поля

На рисунке 4 видно, что коэффициент экранирования при увеличении $\overline{B}_{внеш.}$ изменяется незначительно, а значит, нелинейный рост магнитной проницаемости материала практически не вносит вклад в значение коэффициента экранирования. В большей степени дифференциальный коэффициент экранирования зависит от амплитуды изменения магнитного поля.

В работе подтверждено, что определение дифференциального коэффициента экранирования при малых значениях изменения внешних магнитных полей возможно с помощью регрессионного анализа на основе данных, полученных в ходе измерения полей,

сопоставимых с магнитным полем Земли. Коэффициент экранирования в большей степени зависит именно от амплитуды изменения внешнего магнитного поля, вклад эффекта зависимости магнитной проницаемости от индукции поля в него при этом незначителен.

Список использованной литературы

1. Кулаченков Н.К., Шевченко А.Н., Безмен Г.В. Исследование магнитных экранов с использованием современных методов проектирования // Навигация и управление движением. 2016. С. 678–682.
2. Borna A. et al. A 20-channel magnetoencephalography system based on optically pumped magnetometers // Physics in Medicine & Biology. 2017. Т. 62. №. 23. С. 8909.
3. Пешехонов В.Г. Перспективы развития гироскопии // Гироскопия и навигация. 2020. Т.28. №.2(109). С. 3–10.
4. Реутов Ю.Я., Ригмант М.Б. Классические магнитные экраны. – ИФМ УрО РАН. 2006. 72 с.
5. Климова Е.Н., Шевченко А.Н. Применение наноструктурных материалов в конструкции магнитного экрана волоконно-оптического гироскопа // Программа и труды школы-конференции "Наноструктуры. Свойства и применение". 2022. С. 81–82

УДК 62–503.57

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЯМИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Голубев А. К.[1] *(аспирант),* ***Куровский А.М.***[1] *(студент),* ***Живицкий А.Ю.***[1] *(аспирант),*
Захаров Д. Н.[1] *(аспирант)*

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Пыркин А.А.[1]

[1]*Университет ИТМО*

e-mail: akgolubev@itmo.ru

В данной работе рассматривается решение задачи идентификации неизвестных параметров двигателя постоянного тока с использованием метода динамического расширения и смешивания регрессора. Для оценки параметров был собран экспериментальный стенд. По результатам работы были определены ключевые проблемы при реализации решения указанной выше задачи и намечен вектор дальнейших инженерных задач.

Ключевые слова
Идентификация неизвестных параметров, двигатель постоянного тока, адаптивное управление, DREM, регрессор.

Непрямое адаптивное управление можно условно разделить на два этапа: первый – идентификация неизвестных параметров системы; второй – использование полученных оценок параметров при формировании управляющих воздействий. В данной работе задача первого этапа решается на примере двигателя постоянного тока.

Двигатели постоянного тока являются самым распространенными электромеханическими преобразователями в промышленности [1]. Использование для них адаптивных методов управления оправдывается, например, зависимостью активного сопротивления статора от температуры, что может создавать дрейф в системе.

Работа сфокусирована на практической реализации идентификации неизвестных параметров с использованием метода динамического расширения и смешивания регрессора (ДРСР) [2].

Уравнения, описывающие модель двигателя постоянного тока с возбуждением от постоянных магнитов, записанные в соответствии с законами Кирхгофа и Ньютона:

$$J\dot{\omega} + B\omega = k_t i, \tag{1}$$

$$L\frac{di}{dt} + Ri = U - k_b\omega, \tag{2}$$

где ω – скорость вращения вала ротора,
i – сила тока,
U – питающее напряжение двигателя,
J – момент инерции ротора,
L – индуктивность обмоток статора,
B – коэффициент вязкого трения,
R – сопротивление обмоток статора,
k_t, k_b – паспортные данные двигателя.

В результате применения преобразований Лапласа и математических операций к (1), (2) получим передаточную функцию [3]:

$$P(s) = \frac{\omega(s)}{U(s)} = \frac{a}{s^2+b_0 s+b_1}, \tag{3}$$

где $a = \frac{k_t}{JL}$,

$b_0 = \frac{(BL+JR)}{JL}$,
$b_1 = \frac{BR+k_t k_b}{JL}$,
s – оператор Лапласа.

Перепишем уравнение (3) в следующем виде:

$$\omega(s) \cdot s^2 = U(s) \cdot a - \omega(s) \cdot b_0 s - \omega(s) \cdot b_1. \quad (4)$$

Применяя линейный фильтр с характеристическим полиномом $\Lambda = s^2 + \lambda_1 s + \lambda_0$ к выражению (4), получим:

$$\frac{s^2}{s^2+\lambda_1 s+\lambda_0}\omega(s) = \frac{a}{s^2+\lambda_1 s+\lambda_0}U(s) - \frac{b_0 s}{s^2+\lambda_1 s+\lambda_0}\omega(s) - \frac{b_1}{s^2+\lambda_1 s+\lambda_0}\omega(s). \quad (5)$$

Перепишем уравнение (5) в виде регрессионной модели:

$$y = m^T \beta, \quad (6)$$

где $y = \frac{s^2}{s^2+\lambda_1 s+\lambda_0}\omega(s)$ – регрессанд;
$m^T = \left[\frac{-s}{s^2+\lambda_1 s+\lambda_0}\omega(s) \quad \frac{-1}{s^2+\lambda_1 s+\lambda_0}\omega(s) \quad \frac{1}{s^2+\lambda_1 s+\lambda_0}U(s)\right]$ – регрессор;
$\beta = [b_0 \quad b_1 \quad a]$ – вектор неизвестных параметров.

Теперь, используя линейные фильтры вида $\frac{\alpha}{1+\alpha}$, «расширим» регрессионную модель (6):

$$y_1 = \frac{\alpha_1}{1+\alpha_1}y = \frac{\alpha_1}{1+\alpha_1}m^T\beta = m_1^T\beta, \quad (7)$$

$$y_2 = \frac{\alpha_2}{1+\alpha_2}y = \frac{\alpha_2}{1+\alpha_2}m^T\beta = m_2^T\beta, \quad (8)$$

где $\alpha_1, \alpha_2 > 0$ – настраиваемые параметры.

Перепишем уравнения (6), (7) и (8) в виде:

$$Y = M\beta, \quad (9)$$

где $Y^T = [y \quad y_1 \quad y_2]$ – регресссанд,
$M = [m^T \quad m_1^T \quad m_2^T]$ – регрессор.

Домножим уравнение (9) на союзную матрицу:

$$Y_m = \Delta\beta, \quad (10)$$

где $Y_m = adj(M) \cdot Y$,
adj – союзная матрица,
$\Delta = \det(M)$.

Кроме расчета через союзную матрицу, Y_m можно определить, используя метод Крамера для решения систем уравнений [4].

Для оценивания неизвестных параметров воспользуемся следующим алгоритмом:

$$\dot{\hat{\beta}} = -\gamma\Delta\left(\Delta\hat{\beta} - Y_m\right), \quad (11)$$

где γ – настраиваемый параметр.

На рисунке 1 представлена стендовая установка, собранная для проведения экспериментов по идентификации неизвестных параметров двигателя постоянного тока. Для преобразования питающего напряжения использовался драйвер L298N. В качестве датчика положения ротора использовался щелевой оптический датчик на базе LM393. Управление осуществлялось с помощью Arduino Uno. Для преобразования управляющих воздействий использовался компьютер с предустановленным пакетом Arduino Hardware для MATLAB/Simulink. На рисунке 2 представлен шильдик исследуемого электродвигателя.

На рисунках 3 и 4 продемонстрированы результаты оценки неизвестных параметров двигателя постоянного тока с использованием метода динамического расширения и смешивания регрессора при различных коэффициентах адаптации.

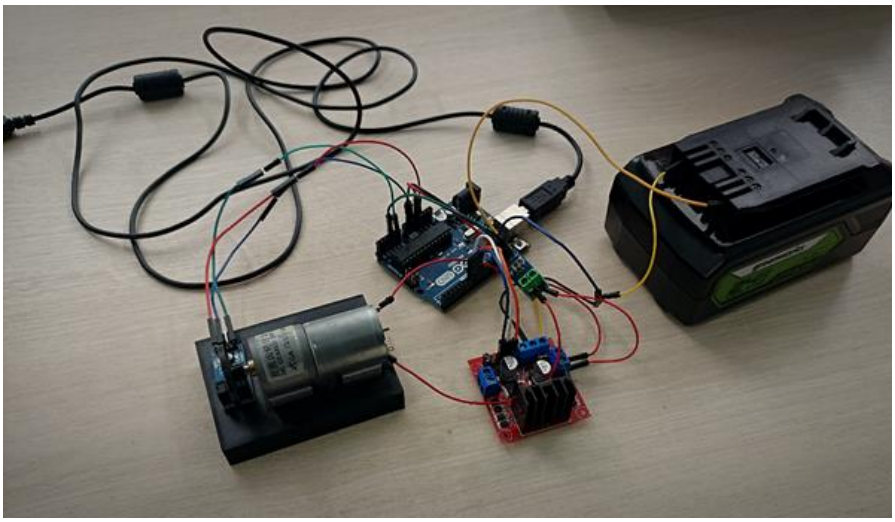


Рис. 1. Стендовая установка

Рис. 2. Исследуемый электродвигатель

Как видно из графиков, представленных на рисунках 3–6, при выборе коэффициента адаптации равным 1000 наблюдается высокая зашумленность оценок. Оптимальное значение коэффициента находится в пределах от 200 до 300. Переходный процесс завершается в среднем за 150 секунд.

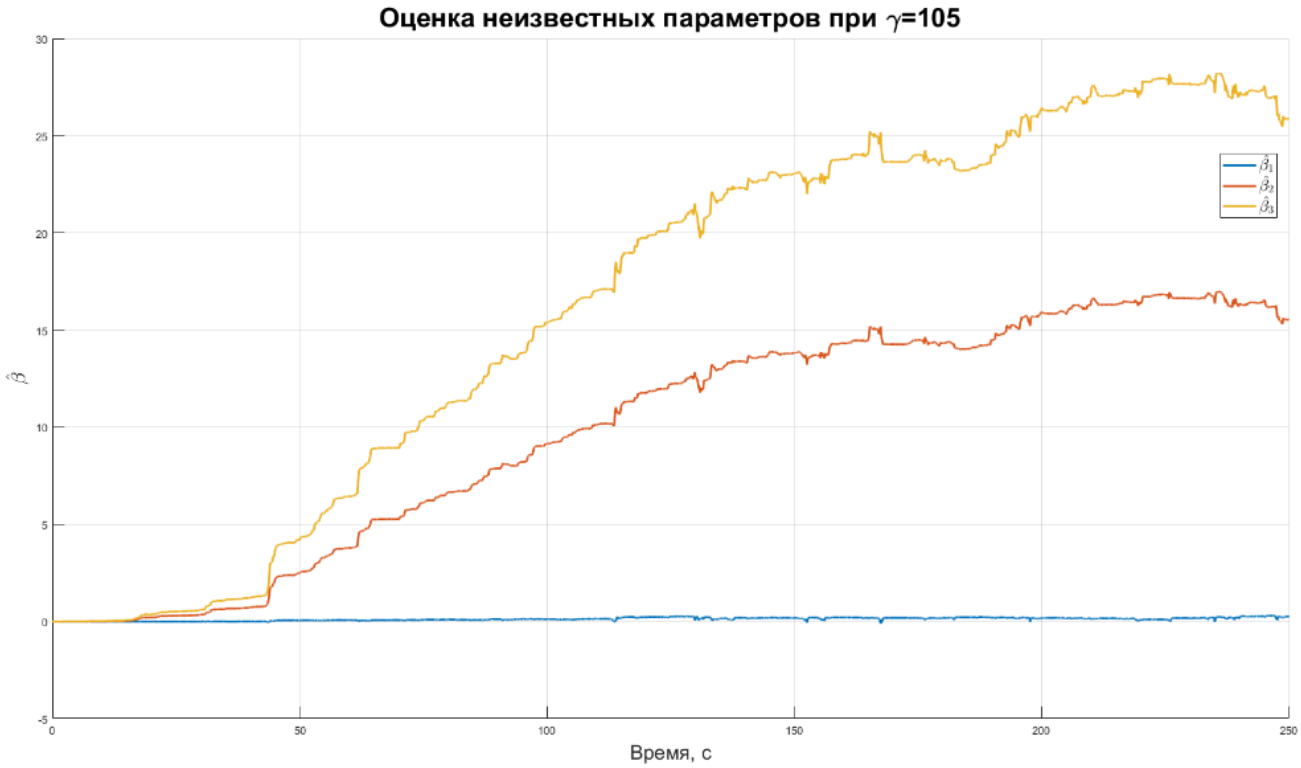


Рис. 3. Оценка неизвестных параметров при $\gamma = 105$

Для получения лучших результатов необходимо уменьшить шаг дискретизации. Другим вариантом решения возникших проблем был бы частичный отказ от MATLAB или использование для онлайн-идентификации параметров компьютера с большей вычислительной

мощностью. Ещё одним возможным вариантом решения проблемы был бы перенос расчетов на микроконтроллер с высокой производительностью.

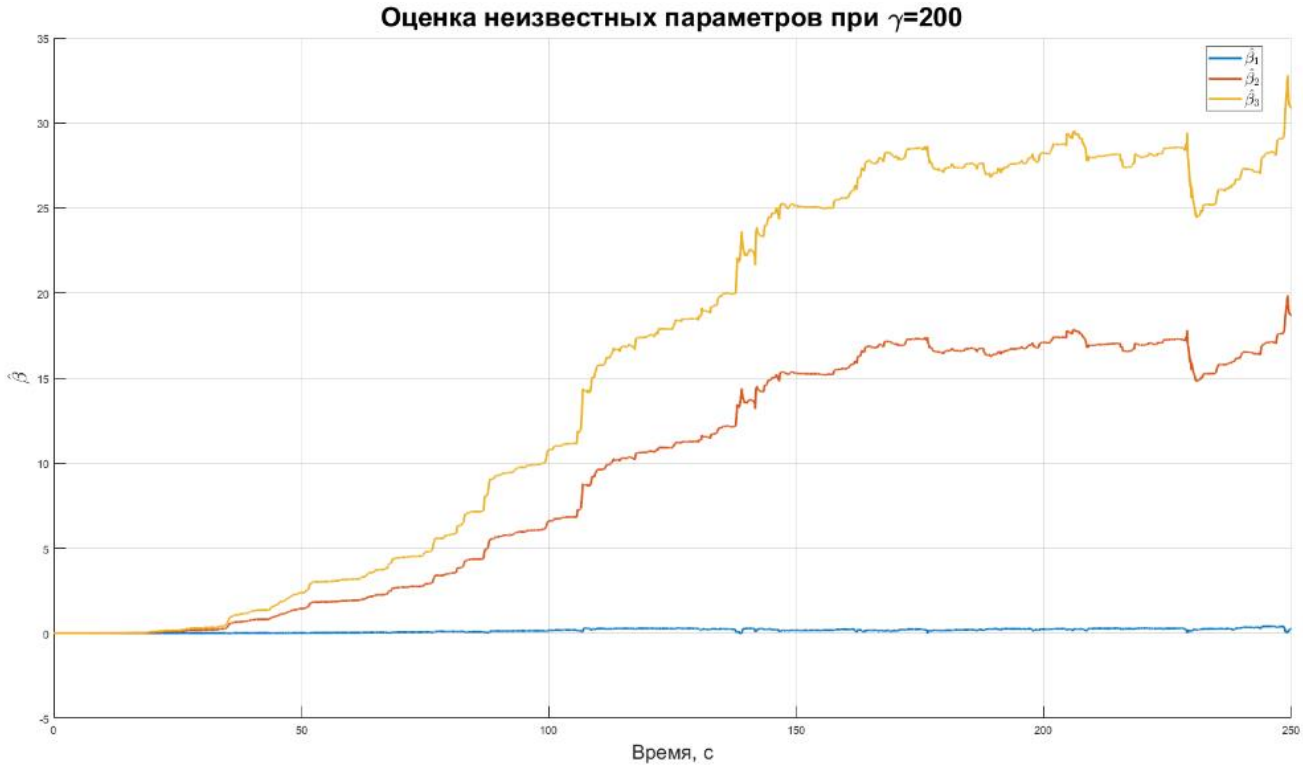


Рис. 4. Оценка неизвестных параметров при $\gamma = 200$

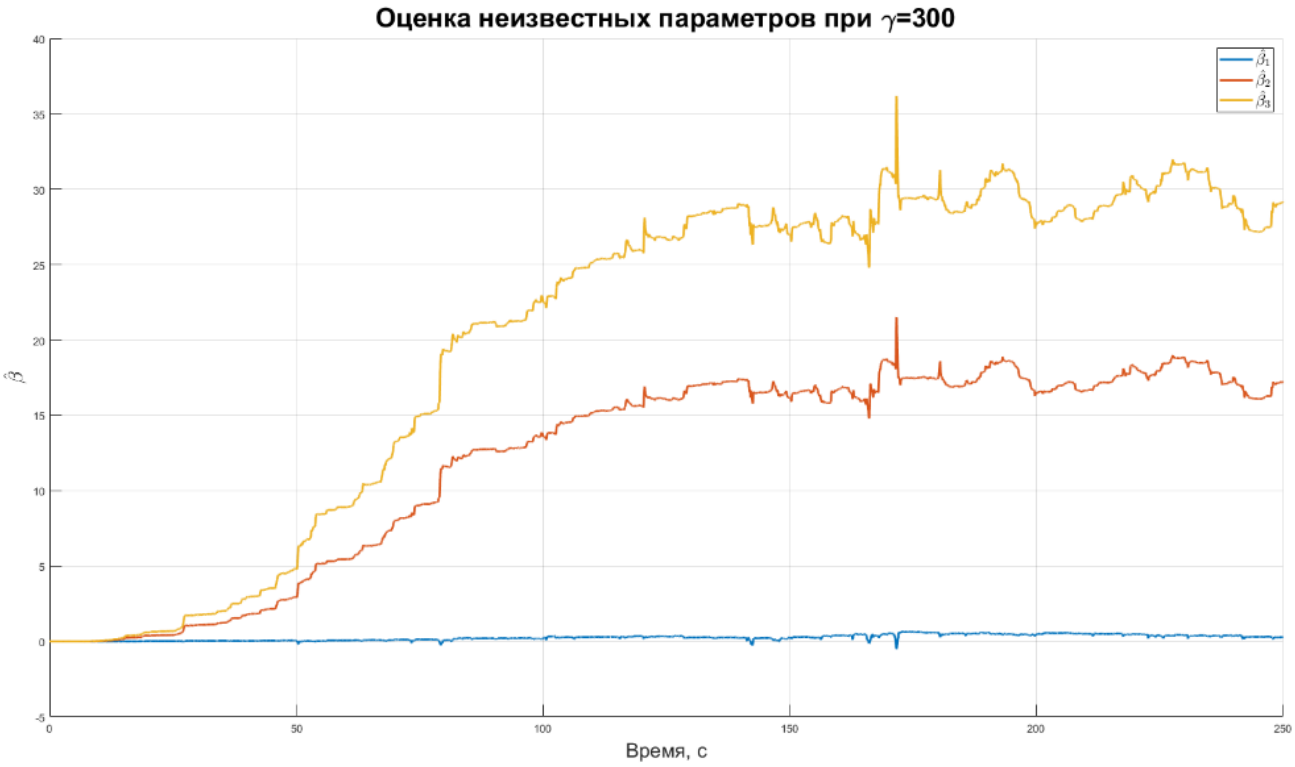


Рис. 5. Оценка неизвестных параметров при $\gamma = 300$

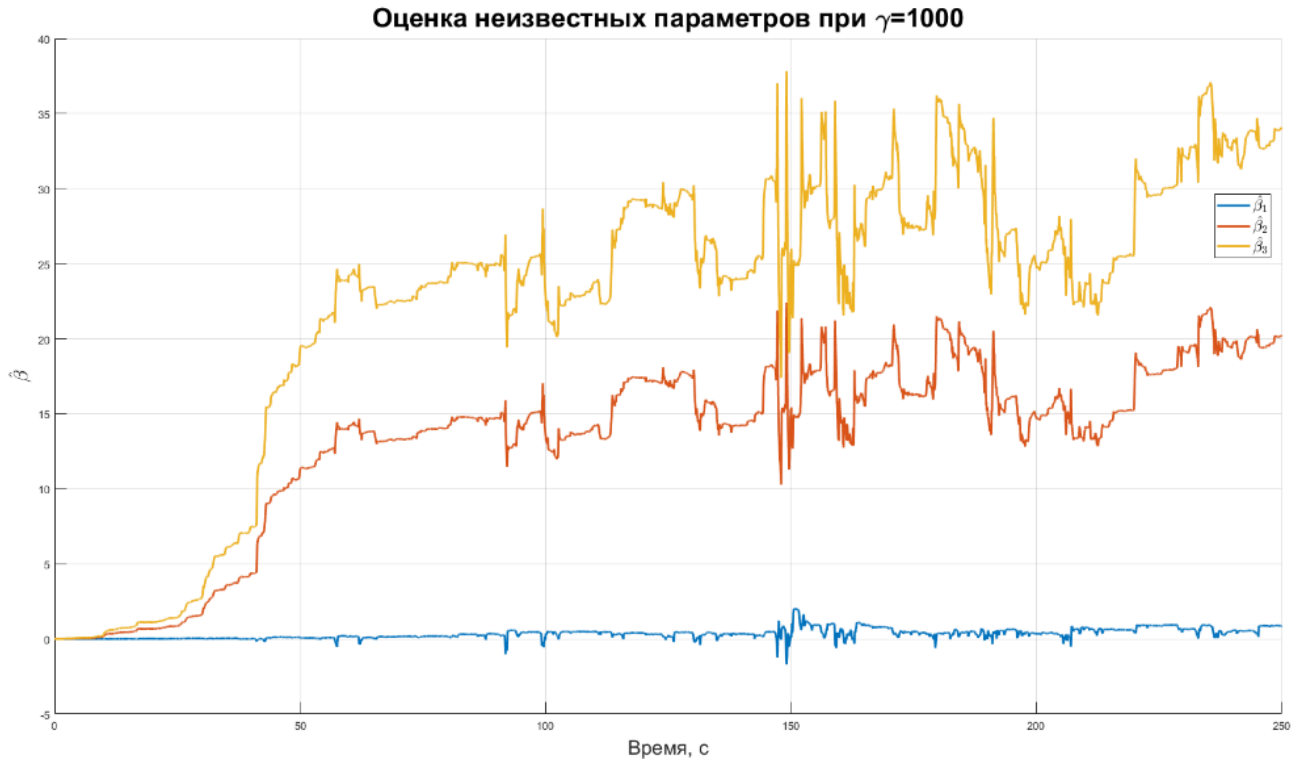


Рис. 6. Оценка неизвестных параметров при $\gamma = 1000$

Список использованных источников

1. Бураков М.В., Шишлаков В.Ф. Адаптивное управление двигателем постоянного тока // Известие самарского научного центра Российской академии наук. 2016. Т.18. №. 4(3). С. 542–547.
2. Aranovskiy S., Bobtsov A., Ortega R., Pyrkin A. Parameters estimation via dynamic regressor extension and mixing // 2016 American Control Conference (ACC), Boston, MA, USA. 2016. Pp. 6971–6976. DOI: 10.1109/ACC.2016.7526771.
3. Хак Тунг Нгуен, Власов С.М. Алгоритм идентификации параметров двигателей постоянного тока с использованием метода динамического расширения регрессора и смешивания // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2021. Т. 21. №. 1. С. 130–134. DOI: 10.17586/2226-1494-2021-21-1-130-134.
4. Korotina M., Aranovskiy S., Ushirobira R., Vedyakov A. On parameter tuning and convergence properties of the DREM procedure // 2020 European Control Conference (ECC), St. Petersburg, Russia. 2020. Pp. 53–58. DOI: 10.23919/ECC51009.2020.9143808.

УДК 669.1

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРА И ПРИЧИН ВОЗНИКНОВЕНИЯ ДЕФЕКТОВ В ТОНКОСТЕННЫХ ГЕРМЕТИЧНЫХ ИЗДЕЛИЯХ ИЗ СПЛАВА АМГ6

Горнов А.М.[1] *(студент)*

Научный руководитель – доктор технических наук Федоров А.В.[1]

[1]*Университет ИТМО*

e-mail: gornov.artem@yandex.ru

В работе представлено описание алюминиево-магниевого сплава АМг6, а также проведен обзор основных видов дефектов и причин их возникновения, присущих тонкостенным алюминиево-магниевым изделиям, задействованных в эксплуатации современных космических летательных аппаратов (КЛА). Кроме этого, в статье рассмотрен металлографический анализ, с помощью которого можно определить отклонение изготовленного изделия от требований, установленных нормативно-технической документацией, т. е. обнаружить дефекты.

Ключевые слова
Эксплуатационный дефект, космический летательный аппарат, алюминиево-магниевый сплав АМг6, механические свойства, трещина, металлографический анализ.

На сегодняшний день в мире активно используются алюминиевые (Al) сплавы, легированные различными химическими элементами, например магнием (Mg). Алюминиево-магниевые сплавы характеризуются высокими удельными прочностью и жесткостью при изгибе и кручении, а также способностью к поглощению ударных и вибрационных нагрузок. Изделия из данных сплавов обладают удовлетворительной выносливостью и надежностью [1]. Для производства изделий ракетно-космической отрасли активно используют алюминиево-магниевый сплав АМг6.

Выплавка данной марки деформируемого алюминиевого сплава производится в соответствии с ГОСТ 4784–2019. Помимо алюминия (91,1–93,68%) и магния (5,8–6,8%), сплав АМг6 содержит примеси марганца (0,5–0,8%), титана (0,06%), натрия (0,01%) и меди (0,1%) [2].

Каждый элемент, присутствующий в сплаве, изменяет его механические свойства. Магний упрочняет материал без ущерба пластичности, а также уменьшает удельный вес сплава. Примесь марганца придает сплавам пластичность, а также обеспечивает им хорошую формируемость. Титан добавляется в сплав для предупреждения растрескивания швов при сварке, а медь – для повышения твердости сплава. Стоит отметить, что примесь натрия попадает в состав сплава при добавлении флюсов, снижающих его температуру плавления. Для нейтрализации влияния натрия в сплав добавляют кремний.

Mg является наиболее эффективным элементом в плане упрочнения сплавов системы Al–Mg. Экспериментально выявлено, что при легировании магнием, у сплава изменялись такие механические свойства, как: твердость, предел прочности, удельная прочность, и пластичность. Кроме этого, легирование магнием изменяет удельный вес материала [3].

Выявлено, что при концентрации 3% Mg от общего веса сплава предельная и удельная прочности максимальны (рис. 1). При увеличении концентрации Mg уменьшались удельный вес и пластичность (рис. 2), а максимальная прочность была зафиксирована при 5% концентрации Mg в сплаве (рис. 3).

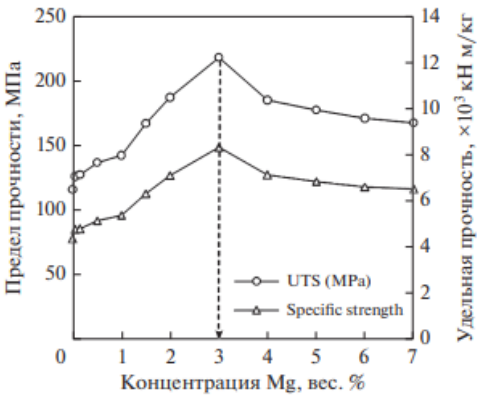


Рис. 1. Графики изменения предела прочности на растяжение и удельной прочности от содержания Mg в сплавах системы Al–Mg [3]

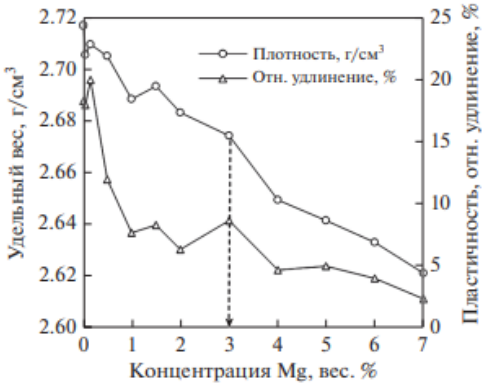


Рис. 2. Графики изменения удельного веса и вязкости сплавов системы Al–Mg в зависимости от содержания Mg [3]

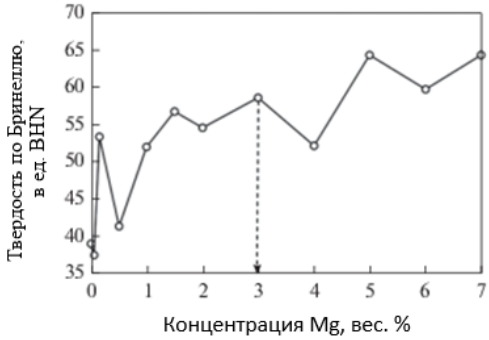


Рис. 3. График изменения числа твердости по Бринеллю в зависимости от содержания Mg в сплавах системы Al–Mg [3]

Следует отметить, что 3% концентрация Mg в сплаве является оптимальной из-за хорошего сочетания различных механических свойств, таких как прочность, твердость, и пластичность материала. Однако, для ракетно-космической отрасли наиболее востребованными являются легкие и прочные сплавы, поэтому в эксплуатации космических летательных аппаратов активно используют алюминиевый сплав АМг6, который обладает высоким пределом прочности и небольшим удельным весом. Кроме этого, сплав обладает высокой коррозионной устойчивостью и хорошей свариваемостью.

К изделиям ракетно-космической и авиационной техники предъявляются высокие требования по надежности и качеству [4]. Поэтому необходимо контролировать данные изделия не только в процессе эксплуатации, но и на этапе их производства, исключая возможность их разрушения. Все дефекты, которые могут появиться в изделиях, можно разделить на две группы: производственные и эксплуатационные. На сегодняшний день все возможные производственные дефекты в изделиях из алюминиевых сплавов определены

в ГОСТ Р 57510–2017. Среди них: дефекты рулона, поверхностные дефекты, плоскостные дефекты, дефекты покрытий, дефекты на баночной ленте и дефекты слитка. На рисунке 4 представлен пример дефекта слитка в виде нерасплавленных интерметаллидов – тугоплавких химических соединений легирующих компонентов или примесей с алюминием, имеющих игольчатую, пластинчатую или многогранную форму [5].

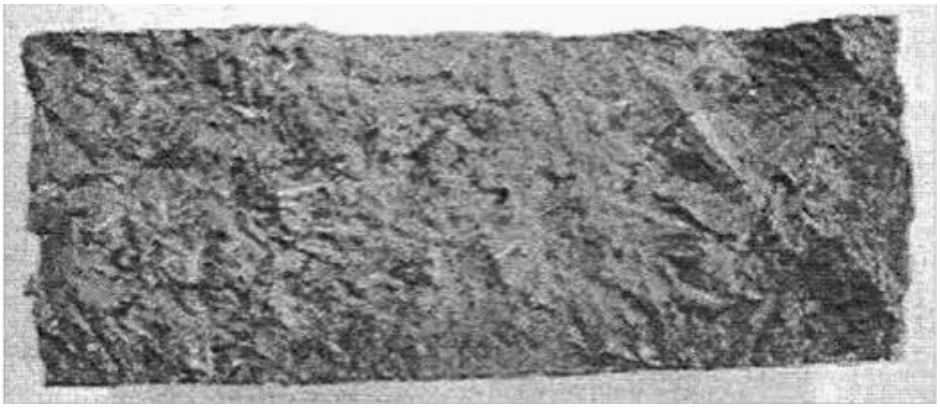


Рис. 4. Фото металлографии алюминиевого сплава [5]

Основной причиной образования дефектов тонкостенных герметичных оболочек КЛА во время его эксплуатации является неблагоприятное воздействие факторов космического пространства, таких как: воздействие ионизирующих излучений и вакуума, воздействие микрометеоритных частиц и тепловое воздействие [6].

Для условий космического пространства (условий воздействия вакуума) характерен процесс сублимации вещества – переход атомов и молекул вещества из твердого состояния в газообразное, минуя жидкое. Одновременно с вакуумом на материалы КЛА воздействуют сильные электромагнитные и ионизирующие излучения космического пространства. Поскольку энергия связи материалов может быть более низкой, чем энергия квантов или частиц соответствующих видов излучений, совместное воздействие вакуума и космических излучений может усиливать эффект сублимации [6]. В конечном итоге данный процесс сопровождается потерей массы и нарушением поверхностных свойств оболочек КЛА, а также изменением их шероховатости. Это, в свою очередь, приводит к изменению эксплуатационных свойств оболочек КЛА, таких как прочность и износостойкость, а также может привести к потере герметичности сварных соединений и появлению несплошностей в материале.

Столкновения КЛА с метеорными телами и с объектами, входящими в состав космического мусора, относятся к числу важнейших факторов, вызывающих повреждение и разрушение КЛА. Характер повреждений зависит, в первую очередь, от размеров сталкивающихся с КЛА тел и скоростей соударения, значения которых лежат в диапазоне от 1 до 50 км·с$^{-1}$ [7]. Следует отметить, что твердые частицы с поперечными размерами менее 1 мм можно рассматривать как постоянно воздействующий на КЛА фактор, характеризуемый плотностью их потока [7]. При указанных скоростях соударения происходит интенсивное энерговыделение в ограниченном объеме вещества, сопровождающееся формированием ударных волн. Это приводит к механическому разрушению и плавлению оболочек КЛА. Удары мелких частиц приводят к образованию мелких кратеров и царапин, а при большом количестве ударов появляется заметная эрозия поверхности. Удары частиц с поперечными размерами более 0,5–1 см способны создать сквозные пробоины в оболочках КЛА, что приводит к катастрофическим разрушениям [7].

Воздействие солнечного излучения в сочетании с низкой температурой космического пространства приводит к возникновению термоупругих деформаций, что, в свою очередь, приводит к изменению механических и теплофизических свойств материалов оболочек КЛА [8]. В связи с этим могут образовываться трещины, которые, при продолжении влияния тепловых нагрузок, будут развиваться, что приведет к деградации механических свойств материала и к усталостному разрушению целостности защитной оболочки КЛА. Стоит

отметить, что при выведении КЛА на орбиту на его оболочку воздействует аэродинамический нагрев, влияние которого нивелируется обтекателем [8].

Сегодня для исследования и контроля металлических материалов и изделий применяют металлографический анализ, с помощью которого возможно определить состав сплава, его структуру, обнаружить не только имеющиеся дефекты, но и зарождающиеся. Основной инструментальный метод, применяемый в металлографии, — это визуальное изучение отшлифованных образцов исследуемого материала при большом увеличении [9]. Металлографический анализ применяют для обнаружения производственных дефектов металлических изделий, однако из-за трудоемкости процесса контроля, необходимости высокоточного оптического оборудования, а также большого количества этапов подготовки образцов для контроля, металлографический анализ часто невозможно использовать для контроля изделий КЛА в условиях космического пространства.

В ходе работы было представлено описание алюминиевого сплава АМг6 и проанализировано влияние Mg на механические свойства алюминиево-магниевых сплавов. Также в статье проведен обзор основных видов дефектов и причин их возникновения, которые присущи тонкостенным алюминиевым изделиям, задействованных в эксплуатации современных КЛА.

Кроме этого, была рассмотрена применимость металлографического анализа для контроля металлических изделий на предмет наличия дефектов. Поскольку металлографический анализ, несмотря на свои достоинства, обладает рядом существенных недостатков, из-за которых, чаще всего, невозможен контроль изделий в условиях космического пространства, в дальнейшем предлагается рассмотреть применимость методов неразрушающего контроля, таких как вихретоковые и ультразвуковые.

Список использованных источников

1. Магниевые сплавы. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://bigenc.ru/c/magnievye-splavy-f2b554 (дата обращения: 06.03.2023).
2. ГОСТ 4784–97. Алюминий и сплавы алюминиевые деформируемые. Марки. – Введен 01.09.2019. – М.: Стандартинформ. 2019. 30 с.
3. Панчал Х.Н., Рао В.Дж. Влияние Mg на микромеханическое поведение свежелитых сплавов системы Al–Mg // Физика металлов и металловедение. 2019. Т.120. №. 9. С. 961–968.
4. Трофимов Н.В., Леонов А.А., Дуюнова В.А., Уридия З.П. Литейные магниевые сплавы (обзор) // Труды ВИАМ. 2016. №. 12(48). С. 3–12.
5. ГОСТ Р 57510–2017. Катаные изделия из алюминиевых сплавов. Термины и определения дефектов. – Введен 29.06.2017. – М.: Стандартинформ. 2017. 52 с.
6. Что такое металлография, этапы и методы исследований. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://wikimetall.ru/metalloobrabotka/metallografiya.html (дата обращения: 15.02.2023).
7. Евстафьев В.А. Конструирование космических аппаратов: Часть 1. Учебное пособие – Санкт-Петербург: БГТУ «Военмех». 2018. 99 с.
8. Сидняев Н.И., Климова Н.С. Изменение поверхностных и объемных свойств космического аппарата при адсорбции и рекомбинации атомов кислорода и азота // Космические исследования. 2020. Т. 58. №. 3. С. 208–222.
9. Что такое металлография, этапы и методы исследований. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://wikimetall.ru/metalloobrabotka/metallografiya.html (дата обращения: 15.02.2023).

УДК 004.925

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ОБЛАКОВ ТОЧЕК НА ОСНОВЕ АЛГОРИТМОВ ПРОРЕЖИВАНИЯ

Давыдова Т.В.[1] *(студент),* ***Меженин А.В.***[1]

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент Меженин А.В.[1]

[1]*Университет ИТМО*

e-mail: mejenin@mail.ru

В работе рассматриваются вопросы прореживания облаков точек для повышения эффективности обработки и визуализации трехмерных данных. Для анализа моделей использована среда Cloud Compare. Для решения задачи прореживания предложена 3D адаптация алгоритма Рамера-Дугласа-Пекера. Представлено математическое описание предлагаемого решения. Реализация предлагаемого алгоритма проводилась на языке Python в среде Cloud Compare. В экспериментальной части приведены результаты сравнения с другими решениями. Использованы метод экспертных оценок и объективные оценки результатов работы алгоритмов на основе анализа подобия геометрической формы. Предлагаемое решение этой задачи, по мнению авторов, позволит повысить качество прореживания, при повышении производительности.

Ключевые слова
Облака точек, плотность распределения, ядерная оценка плотности, области интереса, 3D Point Cloud, алгоритм, LiDAR.

В настоящее время активно развиваются технологии, использующие представление данных в виде трехмерных облаков точек. Данный способ регистрации трехмерной информации активно применяется в различных сферах деятельности, начиная от архитектуры и организации виртуальных пространств и заканчивая высокоточной медициной.

Трехмерным облаком точек (3D Point Cloud) принято называть множество точек в трехмерном пространстве. Помимо минимально необходимых атрибутов (координаты расположения точки в пространстве) точки могут содержать в себе: дополнительные сведения о геометрии изображаемых объектов (вектор нормали), цвет точки, координаты и вид текстуры в данной точке, а также произвольные классификаторы [1]. Наиболее распространенным методом получения трехмерных облаков точек являются 3D-сканеры и фотограмметрия изображений и видео объектов [1].

Реальные модели представлены значительным множеством точек и требуют высоких вычислительных затрат при обработке и визуализации. Часто плотность данных бывает больше, чем необходимо для конкретного приложения. Для уменьшения количества данных предлагаются различные методы прореживания, например, алгоритм прореживания трехмерных облаков точек без сетки [2], алгоритм быстрого прореживания облаков точек на основе пространственной окрестности точки выборки [3], метод упрощения облака точек, основанный на модифицированном алгоритме кластеризации нечетких средних с зарезервированной информацией об объектах [4].

В работе [2] рассматривается алгоритм сокращения, основанный на рекурсивном удалении точек, который выводит иерархию данных точечных выборок для аппроксимации поверхности с различным разрешением. На основании критерия удаления точек, измеряющего значимость точек на локальной поверхности, удаляются наименее значимые точки на каждом шаге прореживания. Локальная реконструкция поверхности выполняется по предполагаемой касательной плоскости в точке с использованием радиальных базисных функций. При использовании описанного алгоритма нужно учитывать, что восстановление поверхности должно быть локальным, то есть для восстановления поверхности в окрестности точки X следует использовать только ближайших соседей точки X.

В местах плавных изменений поверхность может быть реконструируемая с меньшим объемом информации, чем в местах резких изменений. Следовательно, участки данных в местах плавных изменений должны иметь более низкую меру значимости, чем участки данных в местах, где поверхность меняется резко. Для реализации предлагаемого алгоритма прореживания был выбран следующий подход – для локальной реконструкции по касательной плоскости за основу взято сохранение общих очертаний модели по принципу сохранения наиболее удаленных точек относительно базовой плоскости.

За основу предлагаемого алгоритма прореживания взят алгоритм Рамера-Дугласа-Пекера (англ. Ramer – Douglas – Peucker, RDP) [5] с адаптацией для трехмерного случая. Функция алгоритма принимает массив точек (т. е. линию, которую необходимо упростить), а также пороговую переменную эпсилон — ε. Работа алгоритма начинается с соединения первой и последней точки исходной линии, то есть образования «базовой линии». Затем функция находит точку, наиболее удаленную от этой линии. Если точка больше ε, она будет сохранена, и функция продолжит рекурсивно разбивать массив точек на два сегмента и повторять процедуру. Если точка находится ближе к базовой линии, чем эпсилон, то все точки вдоль базовой линии можно отбросить, так как они тоже будут меньше ε. На рисунке 1 продемонстрирован пример упрощения двумерной данным алгоритмом.

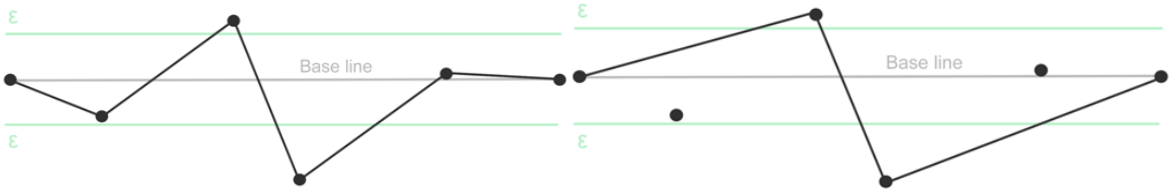


Рис. 1. Результат уменьшения точек кривой алгоритмом RDP

Для трехмерного случая предлагается поиск наиболее удаленной точки выполнять не относительно отрезка кривой, а относительно базовой плоскости, которая будет включать три точки модели, формирующие наибольшую по площади плоскость. На первом шаге алгоритма формируется исходный набор точек с координатами x, y, z, находятся максимальные и минимальные значения координат $x_{min}, x_{max}, y_{min}, y_{max}, z_{min}, z_{max}$. Точки, имеющие хоть одну такую координату, помечаются как кандидаты для составления первой базовой плоскости. Базовая плоскость – плоскость, которую формируют три точки, каждая из которых имеет одну из координат $x_{min}, x_{max}, y_{min}, y_{max}, z_{min}, z_{max}$.

После формирования первой базовой плоскости путем сочетания всех наборов из трех точек среди кандидатов C_n^k, где n – количество кандидатов, выбранных для формирования первой базовой плоскости, k – три точки, формирующие плоскость, находится площадь параллелограмма для каждого набора. Площадь параллелограмма, формируемого двумя векторами $\overrightarrow{OA}$ и $\overrightarrow{OB}$ равна длине вектора, перпендикулярного параллелограмму. Длина вектора находится по формуле:

$$L = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}\,. \tag{1}$$

Для нахождения длины вектора нужно вычислить произведение векторов $\overrightarrow{OA}$ и $\overrightarrow{OB}$ в правом ортонормированном базисе по формуле:

$$[\vec{a}, \vec{b}] = (a_y b_z - a_z b_y, a_z b_x - a_x b_z, a_x b_y - a_y b_x). \tag{2}$$

Точки, имеющие наибольшую длину вектора, помечаются как O (origin point), A (anchor point) и B (floating point). Из точки O берут начало векторы $\overrightarrow{OA}$ и $\overrightarrow{OB}$, образующие базовую плоскость; точка A – начало работы алгоритма; точка B – замыкающая точка.

Перед началом выполнения алгоритма прореживания необходимо упорядочить исходный набор точек. Точка A является первой в упорядоченном наборе, точка B – последней, точка O – не включается в него. Все остальные точки помещаются в набор по следующему алгоритму: берется

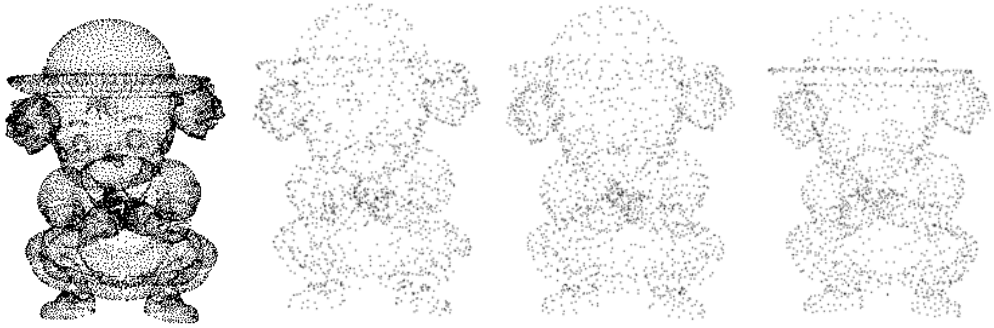
текущая точка из исходного набора, начиная с точки *A* и ищется точка, имеющая кратчайшую дистанцию до текущей точки. Как только такая точка найдена – она становится текущей точкой и больше не учитывается при последующих итерациях. После формирования упорядоченного набора точек, длина которого равна *n-1*, где *n* – количество точек в исходном наборе, начинается алгоритм прореживания точек.

Функция алгоритма на вход получает упорядоченный набор точек с координатами *x, y, z* и значение $\mathcal{E}$. Находится точка, наиболее удаленная от базовой плоскости, если она больше порогового значения $\mathcal{E}$, то точка сохраняется в результирующий набор точек, в ином случае отбрасывается, далее функция итеративно обрабатывает все полученные диапазоны точек.

Для реализации адаптированного алгоритма Рамера-Дугласа-Пекера – RDP/3D, были выбраны следующие технологии разработки программного обеспечения – язык программирования Python с библиотеками NumPy, Matplotlib, Scikit-learn и среда разработки Google Colaboratory. Для проведения тестирования были выбраны наиболее известные полигональные модели из Стэнфордского репозитория моделей и преобразованы в облака точек в программе Cloud Compare.

Оценка результатов прореживания предлагаемым алгоритмом проводилась путем субъективной оценки визуального качества средствами анкетирования и вычислением метрик сравнения расстояний в Cloud Compare.

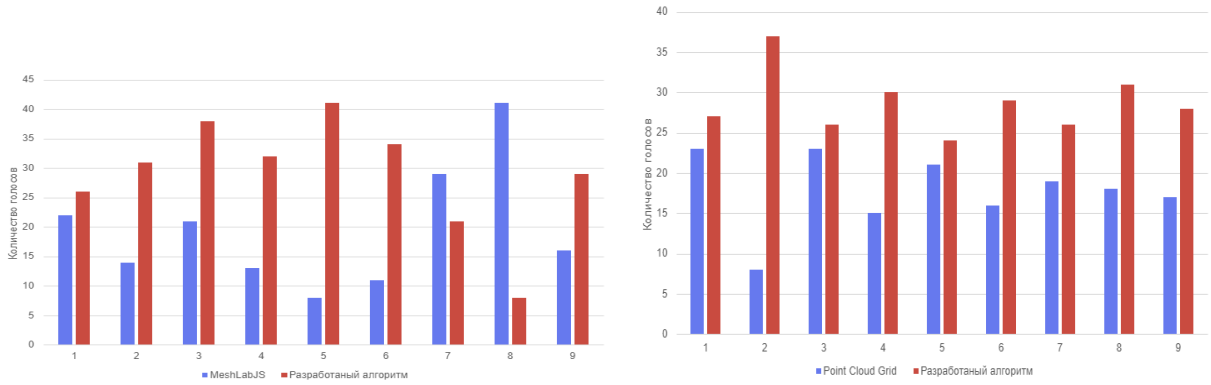
Для субъективной оценки респондентам были представлены образец и оцениваемая модель, прореженная сравниваемыми алгоритмами. На рисунке 2 представлена исходная модель (a) и ее виды с плотностью 10% в результате использования алгоритмов Point Cloud Voxel Grid (b), MeshLabJS (c) и RDP/3D (d).



a) b) c) d)

Рис. 2. Результаты прореживания различными алгоритмами

В опросе приняли участие 45 респондентов. Результаты анкетирования – сравнение RDP/3D и MeshLabJS (a), RDP/3D и Point Cloud Grid (b) представлены на рисунке 3.



a) b)

Рис. 3. Результаты анкетирования

Результаты анкетирования показали, что при визуальном сравнении оригинала и моделей с уменьшенной плотностью респонденты при оценке качества сохранения очертания фигуры отдали предпочтение разработанному алгоритму.

Для получения объективных оценок результатов работы алгоритмов, анализа подобия геометрической формы, было проведено сравнение моделей в CloudCompare. Рассматривались три метода сравнения облаков точек: прямое сравнение облаков с методом ближайшей точки (cloud-to-cloud), расстояние от облака до точки (cloud-to-mesh), сетка к сетке (mesh-to-mesh). В CloudCompare сравнение двух облаков точек происходит путем вычисления расстояния между двумя облаками точек (cloud-to-cloud) с вычислением для каждой точки сравниваемого облака расстояния до ближайшей точки в другом облаке. Результаты измерения расстояний между исходной моделью и моделями с плотностью 50%, 25%, 10% для алгоритмов Point Cloud Voxel Grid, MeshLabJS, RDP/3D приведены на рисунке 4.

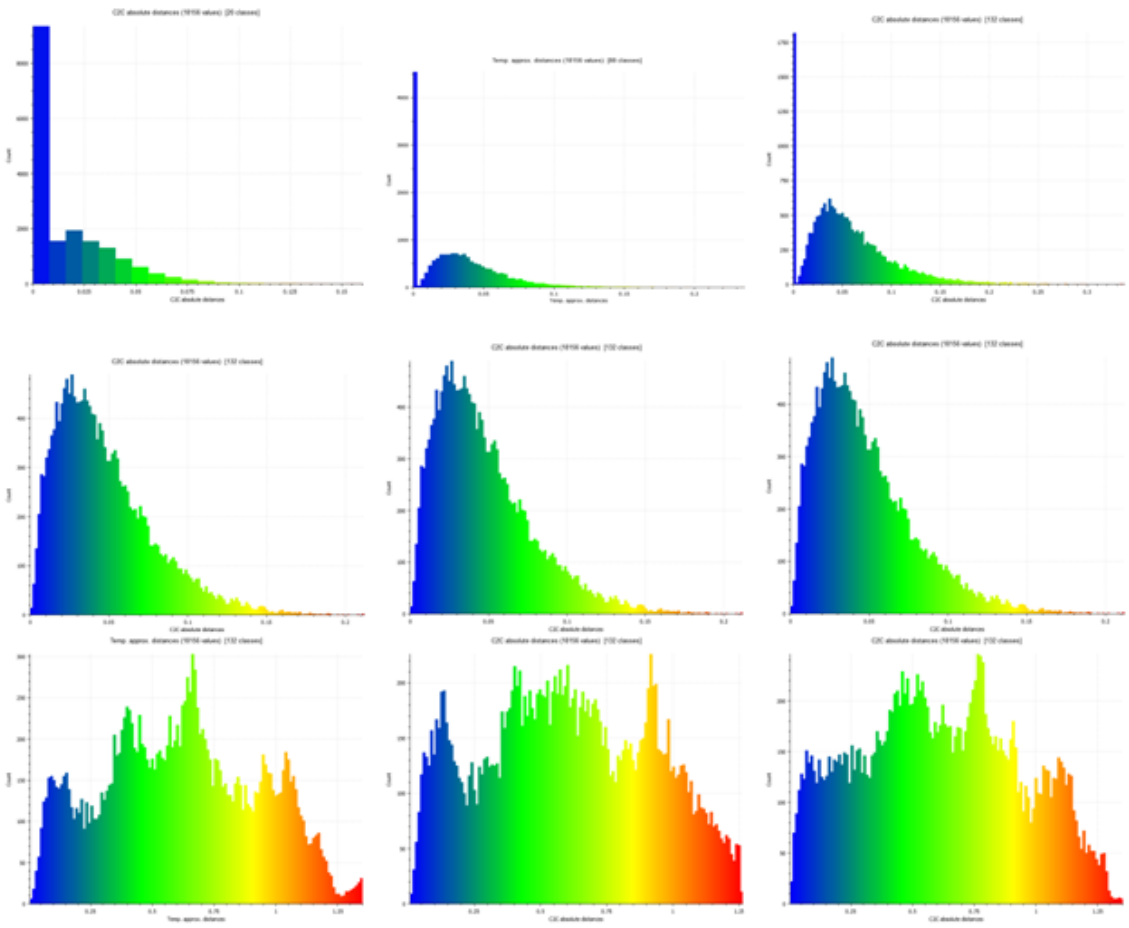


Рис. 4. Результаты измерения расстояний

Анализ графиков показывает, что степень отклонения расстояний между оригинальной моделью и моделями, имеющими разную степень плотности у алгоритма RDP/3D имеет более равномерный характер.

По результатам объективных и субъективных оценок работы предложенного алгоритма прореживания облаков точек на тестовых данных можно сделать выводы о применимости данного подхода в задачах прореживания облаков точек для повышения эффективности визуализации в произвольной предметной области. Тем не менее, полученные в ходе исследования значения точности алгоритма могут быть улучшены с помощью частичного пересмотра принципов функционирования предложенного алгоритма, что делает возможным дальнейшую работу в рамках данной задачи.

Список использованных источников

1. Rusu R.B., Cousins S. 3D is here: Point Cloud Library (PCL) // 2011 IEEE International Conference on Robotics and Automation. IEEE. 2011. DOI:10.1109/ICRA.2011.5980567.

2. Dyn N., Iske A., Wendland H. Meshfree Thinning of 3D Point Clouds // Foundations of Computational Mathematics. 2008. №. 8. Pp. 409–425. DOI:10.1007/s10208-007-9008-7.
3. Wei J., Xu M., Xiu H. A Point Clouds Fast Thinning Algorithm Based on Sample Point Spatial Neighborhood // Journal of Information Processing Systems. 2020. Vol. 16. №. 3. Pp. 688–698.
4. Yang Y., Li M., Ma X. A Point Cloud Simplification Method Based on Modified Fuzzy C-Means Clustering Algorithm with Feature Information Reserved // Mathematical Problems in Engineering. 2020. Vol. 2020. Article ID 5713137. 13 p. DOI:10.1155/2020/5713137.
5. Mezhenin A.V., Grigoreva A., Izvozchikova V., Shardakov V. Point Cloud Registration Hybrid Method // CEUR Workshop Proceedings, 12th Majorov International Conference on Software Engineering and Computer Systems. CEUR, 2020. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ceur-ws.org/Vol-2893/short_10.pdf (дата обращения: 03.03.2023).

УДК 004.946

СОВМЕСТНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ VR-ТРЕНАЖЁРА КОГНИТИВНЫХ СПОСОБНОСТЕЙ И НЕЙРОМЕТАБОЛИЧЕСКОГО СТИМУЛЯТОРА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КОГНИТИВНЫХ СПОСОБНОСТЕЙ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ

Демидова А.И.[1] *(студент)*

Научный руководитель – кандидат философских наук, доцент Смолин А.А.[1]

[1]*Университет ИТМО*

e-mail: zytirfa@gmail.com

В работе рассмотрено применение нейрометаболического стимулятора Mojo совместно с VR-тренажёром когнитивных способностей Enhance VR с целью повышения показателей, собранных в ходе тренировочной игровой сессии в виртуальной реальности и соответствующих оценке концентрации внимания, скорости реакции, активной рабочей памяти пользователя и количеству совершённых во время выполнения заданий ошибок.

Ключевые слова
VR, виртуальная реальность, нейрометаболические стимуляторы, когнитивные способности, когнитивный тренажёр, нейрофитнес.

Когнитивные тренировки применяются при профилактике и лечении деменции, СДВГ, болезни Альцгеймера и прочих состояний, вызывающих нарушения внимания и памяти, и, кроме того, актуальны для здоровых людей, чья деятельность связана с мобилизацией умственных ресурсов и требует высокой сосредоточенности – например, врачей, студентов и военных. Интерес к стимуляции функций мозга приводит к созданию так называемых "brain training game" в виртуальной реальности, разработке фармакологических нейрометаболических стимуляторов и формированию понятия "нейрофитнес", т. е. тренировка когнитивных способностей для здоровых людей. Интеграция ВР в процесс обучения, кроме того, способствует лучшему усвоению студентами материала [1, 2]. Кроме того, тренировки в виртуальной реальности, благодаря мультисенсорной стимуляции, помогают улучшить способность справляться с "информационным шумом", окружающим современного человека. Интеграция существующих тренажёров когнитивных функций в VR-среду демонстрирует улучшение показателей пользователей. Так, например, уже существовавший когнитивный тренажёр, разработанный в 2020 году для профилактики деменции и снижения когнитивных функций при старении, показал большую эффективность при объединении с VR-гарнитурой – пользователи справлялись с заданием на переключение внимания в среднем на 3.96 секунды быстрее [3], что является значительным улучшением и свидетельствует об эффективности воздействия погружения в виртуальную реальность на способность к переключению внимания и концентрации на выполняемой задаче.

Нейрометаболические стимуляторы, более известные как ноотропы, первоначально разрабатывались в психиатрии для лечения когнитивных нарушений при болезни Альцгеймера и шизофрении, повреждениях областей коры больших полушарий и СДВГ. Тестирование некоторых препаратов на здоровых людях также продемонстрировало их эффективность и позволило ввести применение нейрометаболической терапии для людей, чья деятельность требует высокой когнитивной нагрузки – например, ноотропы систематически успешно применялись астронавтами на МКС [4]. Кроме того, уже упоминавшаяся формирующаяся культура нейрофитнеса тоже включает в себя применение нейрометаболических стимуляторов здоровыми людьми для повышения продуктивности, работоспособности и облегчения работы в условиях, требующих повышенной когнитивной нагрузки.

Совместное применение VR-терапии и внутренней стимуляции при помощи приёма поддерживающих препаратов на данный момент наиболее широко и успешно исследуется в анестезиологии – так, например, было подтверждено, что совместное применение технологий виртуальной реальности и обезболивающих медикаментов усиливает эффект анестезии [5]. Существующие исследования свидетельствуют, в некоторых случаях, о взаимном усилении эффекта ВР-терапии и препаратной терапии, однако исследований о совместном применении когнитивных тренажёров, основанных на VR-технологиях, и нейрометаболических стимуляторов, прежде не проводилось. Тем не менее, эта сфера является перспективной благодаря наличию общественного запроса (о нём свидетельствует формирование культуры нейрофитнеса), активному развитию технологий виртуальной реальности и их доказанной эффективности в тренировках когнитивных способностей. Была выдвинута гипотеза о возможности наличия влияния эффекта от приёма нейрометаболического стимулятора на результаты, полученные пользователем в ходе игровой сессии в VR-тренажёре когнитивных способностей, при совместном одновременном применении.

Для проверки гипотезы о влиянии использования нейрометаболического стимулятора на результаты использования когнитивного тренажёра на базе виртуальной реальности был проведён эксперимент, в ходе которого 66 респондентов старше 18 лет, без нарушений зрения, не подверженных эпилепсии и иным заболеваниям, способным исказить результаты прохождения тренировки в виртуальной реальности, стали участниками двойного слепого плацебо-контролируемого исследования. В качестве препарата был выбран нейрометаболический стимулятор на растительной основе Mojo – производимый компанией Gwella, как безрецептурный, безопасный, легальный и, по заявлениям производителя, обладающий подтверждённой эффективностью. Действие этого ноотропа, выпускаемого в форме мармелада, основано на принципе микродозинга функциональных грибов – в составе присутствуют кордицепс китайский (cordyceps sinensis), кордицепс военный (cordyceps militaris) и ежевик гребенчатый (lions mane). Применявшийся в эксперименте VR-тренажёр когнитивных способностей Enhance разработан при участии нейробиологов, аудиологов и учёных-когнитивистов. Эта программа относится к жанру serious game или applied game – они содержат игровой элемент, однако их основной целью является не развлечение. Enhance содержит набор приложений, направленных на тренировку различных когнитивных функций, для применения в исследовании было выбрано то приложение, которое позволяло задействовать в тренировке наибольшее число (активная рабочая память, скорость реакции, концентрация внимания пользователя).

Перед началом эксперимента все респонденты были ознакомлены с его подробностями с помощью информированного согласия и прошли скрининговый опрос, чтобы исключить наличие аллергии на указанные ингредиенты, подверженность состоянию "motion sickness" во время погружения в виртуальную реальность, или иных факторов, способных помешать проведению эксперимента или исказить его результаты. Две равные группы, контрольная и экспериментальная, проходили по две игровые сессии в VR-тренажёре Enhance (мини-игра Maestro, тренирующая активную рабочую память, скорость реакции и концентрацию внимания пользователя). Одна игровая сессия проводилась без применения нейрометаболического стимулятора, вторая – с применением (контрольная группа получала плацебо, в качестве которого выступал вишнёвый мармелад). Порядок игровых сессий был рандомизирован для снижения влияния "эффекта насмотренности" на результат второй попытки. Основным целевым показателем стала разница между игровыми баллами, набранными респондентами в ходе первой и второй игровой сессии.

Эта разница оказалась больше у группы, получавшей нейрометаболический стимулятор Mojo (среднее арифметическое 10,2, доверительный интервал от 6.8 до 13.7), чем у группы, получавшей плацебо (среднее арифметическое 3.4, доверительный интервал 0,2 до 6,5). На рисунке визуализированы расчёты доверительных интервалов для целевого показателя экспериментальной гипотезы (разницы игровых баллов, набранных в результате игровых сессий без применения и с применением нейрометаболического стимулятора либо плацебо)

двух групп респондентов. Синий столбец – группа плацебо, красный – экспериментальная группа (получавшая ноотроп).

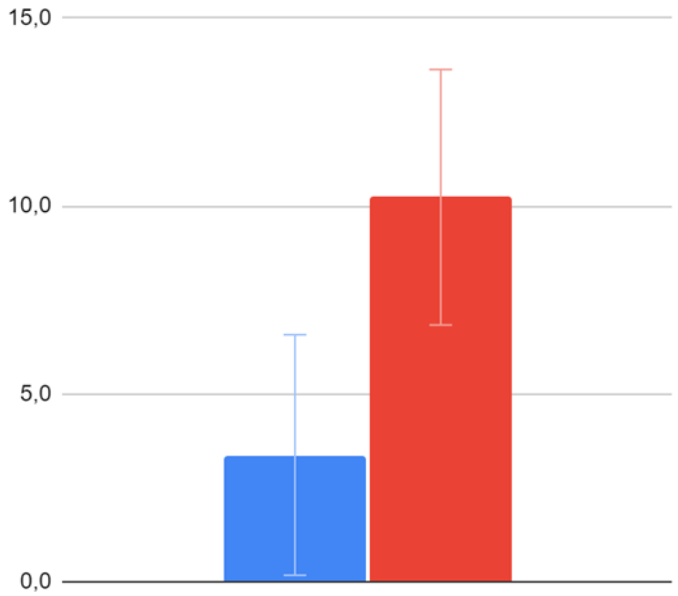


Рисунок. Доверительные интервалы, построенные в ходе анализа собранных данных

Полученные результаты свидетельствуют о подтверждении гипотезы о наличии влияния приёма нейрометаболического стимулятора на результаты тренировки когнитивных способностей в VR-тренажёра. Также можно говорить об успешности совместного применения нейрометаболического стимулятора Mojo как дополнения к тренировке когнитивных способностей при помощи тренажёра на основе виртуальной реальности и положительном эффекте ноотропа на результаты пользователя, полученные в ходе игровой сессии.

Список использованных источников

1. Chen S., Zhu J., Cheng C. et al. Can virtual reality improve traditional anatomy education programmes? A mixed-methods study on the use of a 3D skull model // BMC Med Educ. 2020. №. 20. Pp. 395.
2. Селиванов В.В., Селиванова Л.Н. Виртуальная реальность как метод и средство обучения // Образовательные технологии и общество. 2014. №. 3. С. 378–391.
3. Penaloza C.I., Segado M., Debergue P. BMI-VR based Cognitive Training improves Attention Switching Processing Speed // IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC). 2020. Pp. 12–17.
4. Thirsk R., Kuipers A., Mukai C., Williams D. The space-flight environment: the International Space Station and beyond // Canadian medical association journal (CMAJ). 2009. №. 180(12). Pp. 1216–1220.
5. Roxburgh T., Li A. et al. Virtual Reality for Sedation During Atrial Fibrillation Ablation in Clinical Practice: Observational Study. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8193475/ (дата обращения: 09.03.2023).

УДК 004.056

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ПЕРЕХВАТА И ПОДМЕНЫ ВИДЕОПОТОКА В СИСТЕМАХ IP-ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ

Домницкий Е.А.*[1] *(студент)

***Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент Попов И.Ю.*[1]**

[1]*Университет ИТМО*

e-mail: egor.dom0293@gmail.com

Работа выполнена в рамках темы НИР №422067 «Модульное зарядное устройство для малого электротранспорта»

В настоящем докладе предложен разрабатываемый метод перехвата и подмены видеопотока с IP-камеры системы видеонаблюдения. В процессе разработки применены техники пассивного прослушивания и анализа сетевого трафика между камерой и принимающим компьютером. В состав метода входит использование техник отравления ARP-кеша и создания ложных сетевых пакетов, применяются сетевые утилиты и разработанные скрипты. Решение протестировано на локальном виртуальном и на лабораторных стендах с применением реальной IP-камеры иностранного производителя.

Ключевые слова
IP-видеонаблюдение, перехват и модификация видеопотока, безопасность, метод атаки.

Постепенно IP-камеры вытесняют аналоговые CCTV камеры и записывающие устройства. В 2021 году рынок IP-камер систем видеонаблюдения (в штуках) в России вырос почти на 23%, а сама Россия вышла на второе место по темпу роста видеонаблюдения за гражданами [1]. Использование IP-камер растет и в частном сегменте – в мире объем рынка камер для систем частного видеонаблюдения в 2021 году достиг 72 млн штук [2].

Это явление легко объяснить – разрешение съемки IP-камер намного лучше старых CCTV устройств, а для их интеграции в современную компьютеризированную систему безопасности здания нет необходимости прокладывать отдельный кабель и производить коммутацию аналогового оборудования. IP-камеры передают свой видеопоток, разбивая его на пакеты, с использованием стека протоколов TCP/IP, что позволяет использовать уже существующую в здании локальную вычислительную сеть или отправлять/принимать видеопоток по всей сети Интернет.

Вместе с этим расширяется и область применения IP-камер. Один из наиболее заметных примеров, важных в контексте темы настоящего доклада – применение системы IP-видеонаблюдения в связке с системой распознавания лиц. Камера системы наблюдения, установленная, например, в проходной некоторого режимного объекта, передает по сети видеопоток, в фокусе которого – лица граждан, проходящих на территорию объекта. Принимающий компьютер или сервер, находящийся в одной сети с камерой, принимает видеопоток и подает кадры на вход нейронной сети распознавания лиц.

Интегрируемость и масштабируемость систем IP-видеонаблюдения позволяют встраивать их в комплексные системы подобного рода, но это же и создает обширную поверхность для реализации угроз безопасности информации. Для нейронной сети распознавания лиц реальную угрозу составляют состязательные атаки на нейронные сети, которые сейчас активно исследуются [3]. Суть атаки состоит в нанесении на изображение (на один или несколько его цветовых каналов) состязательной маски, приводящей к присвоению изображению ложного лейбла. Однако исследования состязательных атак не затрагивают того, каким образом подобная маска будет внедрена в изображение при работе реальной системы или системы,

приближенной к реальной. Возникает вопрос, возможно ли перехватить и модифицировать/подменить видеопоток с IP-камеры.

Цель настоящей работы - разработать метод перехвата и модификации видеопотока камеры IP-видеонаблюдения; нарушить целостность и достоверность визуальной информации, передаваемой в видеопотоке на экспериментальном стенде, при помощи разработанного метода;

Разработка метода перехвата и подмены видеопотока в системах IP-видеонаблюдения

В качестве IP-камеры для выполнения задач была взята модель, распространенная на пользовательском рынке – Dahua DH-IPC-HDW1230SP-0280B. Это купольная камера пользовательского сегмента, поддерживает потоки двух разрешений (1920x1080 и 768x650), передает видеопоток в кодеке AVC (H.264H), управление потоками осуществляется посредством протокола RTSP, а передача посредством протокола RTP (над UDP) [4].

В качестве принимающего устройства будем использовать компьютер с VLC media player. Libvlc – библиотека и фреймворк, содержащая в себе множество кодеков и плагинов для работы с медиа. Является движком VLC media player и составляющей множества программ агрегации медиа, например, как программа iSpy для сведения множества потоков с камер наблюдения на один дэшборд, записи и анализа архивных записей [5].

Сценарий:

1. Жертва принимает видеопоток с IPC на некоторый локальный UDP порт по протоколу RTP (над UDP), который согласовывает посредством RTSP.
2. Принимающее устройство – VLC media player.
3. Атакующий находится в одной подсети с камерой и хостом, может прослушивать и анализировать трафик в подсети, а также отправлять свои пакеты.
4. На данном этапе считаем, что атакующий способен заполучить аутентификационные данные для камеры (соц. инженерия, перебор по словарю, поиск коллизий хешей дайджест аутентификации и т.д.).

Последовательность пакетов при штатном установлении сессии между устройствами посредством RTSP представлен на рисунке 1.

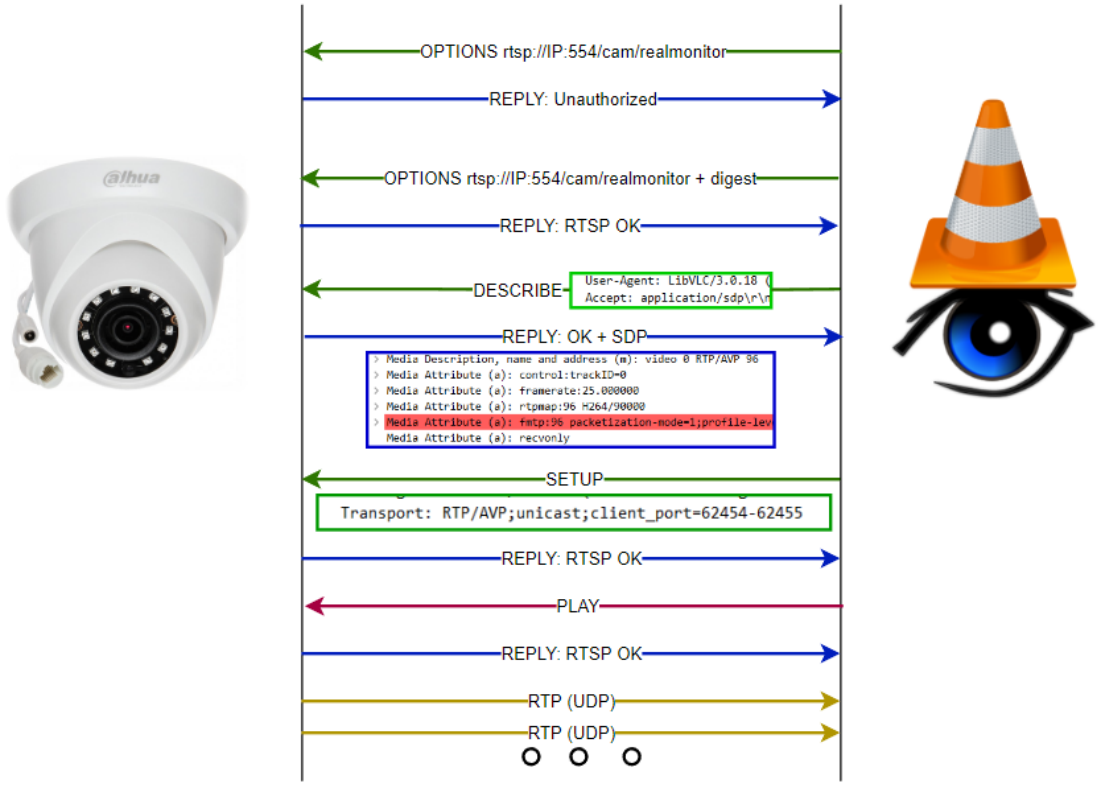


Рис. 1. Последовательность пакетов между устройствами при штатном установлении сессии

Для подмены видеопотока атакующий может воспользоваться недостатком протокола RTP (над UDP): во время установления сессии при помощи RTSP, после получения SDP пакета от камеры, принимающее устройство будет ожидать входящий UDP трафик на определенном порту (установленном в пакете RSTP SETUP). При этом принимающее устройство будет игнорировать IP адрес отправителя. Нарушитель может воспользоваться этим, перехватив RSTP SETUP пакет во время установления сессии, и подменив в нем порт, на котором принимающее устройство ожидает поток от камеры. Камера начнет отправлять поток принимающему устройству на подмененный нарушителем порт, тогда как принимающее устройство по-прежнему будет ожидать трафик на изначальном порту. В этот момент нарушитель почти без задержки должен начать отправлять принимающему устройству (жертве) свой видеопоток. Это может быть или предзаписаное видео, или видеопоток все с той же камеры. Если нарушитель располагает аутентификационными данными для камеры – он может запросить новый поток все с той же камеры, модифицировать его и отправлять на необходимый порт жертвы. Возможно улучшение метода – нарушитель посредством IP-форвардинга на своём устройстве должен перехватить изначальный видеопоток (и модифицировать), который «уведен» на ложный порт, и тогда новый поток от камеры запрашивать не потребуется.

Для того, чтобы осуществить данную атаку, нарушитель должен стать посредником между камерой и принимающим устройством (Man-In-The-Middle). Для этого перед проведением атаки нарушитель должен отравить ARP-кеш камеры и принимающего устройства (произвести ARP-spoofing). После этого необходимо разорвать существующее соединение между камерой и принимающим устройством посредством имитации ложного RTSP TEARDOWN пакета от принимающего устройства к камере или посредством RTP-dos техник.

Для того чтобы удерживать соединение между нарушителем и принимающим устройством (жертвой) необходимо всячески блокировать сообщение между камерой и жертвой (посредством фильтрации, например пакетов ICMP destination unreachable и т. п.).

Последовательность действий атакующего:

1. Отравить кеш ARP жертвы и камеры, встать посередине (ARP-spoofing при помощи утилиты Ettercap).
2. Вынудить хост разорвать соединение с камерой (forgery пакета RTSP TEARDOWN в Scapy на Python).
3. Во время повторного соединения хоста с камерой по RTSP произвести подмену клиентского порта в пакете RTSP SETUP (таким образом, камера начнет отправлять поток по другому порту, тогда как VLC на хосте-жертве будет слушать по некоторому изначальному порту).
4. Совместно с получением SETUP запроса запускается Python скрипт, запрашивающий поток с видеокамеры через RTSP (открывающий новую сессию, нужен логин и пароль), модифицирующий его при помощи OpenCV и отправляющий при помощи библиотеки Gstreamer на изначальный порт хоста, на котором VLC хоста ждет RTP UDP поток.
5. Реализацию можно улучшить, если не запрашивать новую сессию у камеры, а использовать поток, который она уже начала отправлять на подмененный нами порт из п. (3).
6. Поток, который камера отправляет на подмененный нарушителем порт, вызывает ответные ICMP пакеты (Destination Unreacheble) – их мы блокируем в фильтрах Ettercap (Etterfilter).
7. VLC игнорирует IP адрес отправителя при получении потока. Видеопоток перехвачен и подменён.

Атака протестирована на лабораторном стенде с использованием камеры Dahua DH-IPC-HDW1230SP-0280. Перехват и модификация/подмена видеопотока в системах IP-видеонаблюдения возможны и реализованы для сценария, описанного в основной части доклада. Это означает, что конфигурации, подобные описанной в докладе, потенциально уязвимы для атак типа «человек посередине», целостность и достоверность видеопотока в них могут быть нарушены указанным в статье способом. Тем более такие конфигурации непригодны для использования в связке с нейронными сетями распознавания лиц или иных

объектов, так как существует вероятность проведения атаки, подобной описанной, с целью наложения состязательных масок. В качестве демонстрации возможной модификации кадров, атакующий на лабораторном стенде «накладывает» на кадр квадрат зеленого цвета при помощи библиотеки OpenCV, что можно видеть на рисунке 2.

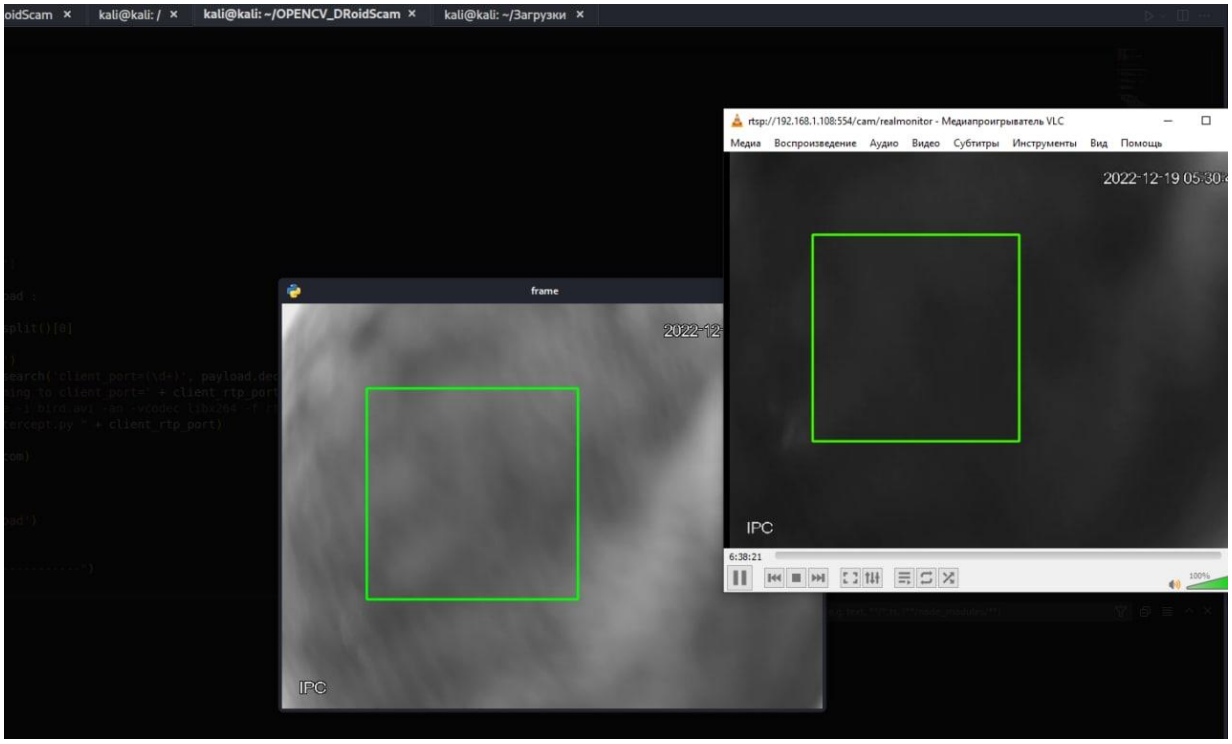


Рис. 2. Модификация кадра атакующим (зеленый квадрат)

Список использованных источников

1. Статья: Видеонаблюдение (Рынок России). [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.tadviser.ru (дата обращения: 10.01.2023).
2. Статья: Видеонаблюдение (Мировой рынок). [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.tadviser.ru (дата обращения: 10.01.2023).
3. Chakraborty A., Alam M., Dey V., Chattopadhyay A., Mukhopadhyay D. A survey on adversarial attack and defenses. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://ietresearch.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdfdirect/10.1049/cit2.12028 (дата обращения: 10.01.2023).
4. Dahua Technology. Dahua DH-IPC-HDW1230SP-0280B Specification. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.dahua.market/kamery-videonablyudeniya/ip-videokamera-dh-ipc-hdw1230sp-0280b-dahua (дата обращения: 10.01.2023).
5. LibVLC. VidoLAN. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.videolan.org/vlc/libvlc.html (дата обращения: 10.01.2023).

УДК 004.514

ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНТЕРФЕЙСОВ ДЛЯ ОТСЛЕЖИВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЗДОРОВЬЯ

Емельянова Е.Г.[1] *(студент)*

Научный руководитель – кандидат психологических наук Джумагулова А.Ф.[1]

[1]*Университет ИТМО*

e-mail: eeg.21@mail.ru

Рынок приложений для отслеживания здоровья устойчиво растет, однако даже у лидеров сегмента наблюдается большое количество негативных отзывов, касающихся недостаточного удобства их использования. В статье поднимается вопрос определения оптимальных принципов проектирования интерфейсов приложений данной тематики, описываются результаты литературного анализа и юзабилити-тестирования интерфейсов с целью определить основные правила для данной отрасли.

Ключевые слова
Мобильное здравоохранение, проектирование интерфейсов, пользовательский интерфейс, принципы, mHealth.

Одним из главных трендов жизни современности является повышение внимания к собственному здоровью. Согласно итогам опроса исследовательского холдинга Ромир, большинство россиян (69%) стали более внимательно относиться к своему здоровью. Основным из толчков можно назвать продолжающуюся уже четвертый год эпидемию коронавируса, ставшая менее пугающей и даже почти привычной.

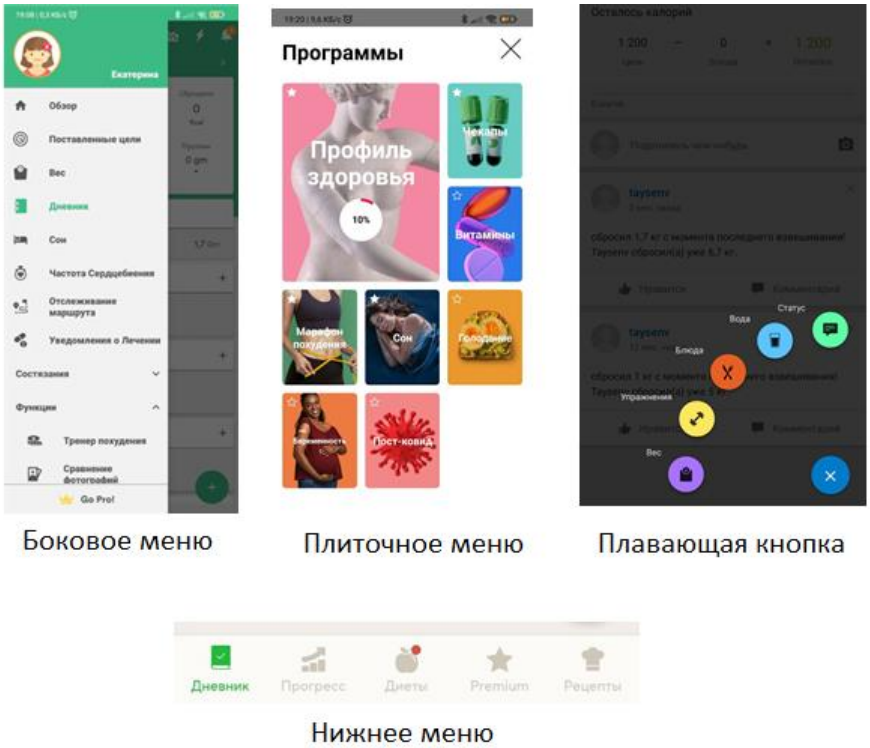
Не удивительно, что в цифровой век одними из главных помощников за этой сферой жизни стали мобильные устройства: разработчики предлагают не только огромный выбор приложений для отслеживания показателей здоровья, которые каждый может установить на свой смартфон, но и специальные «умные» устройства, от носимых фитнес-браслетов до умных весов.

Система подобных приложений и устройств теперь составляет отдельное ответвление медицинского мобильного здравоохранения – mHealth. С помощью приложений этого сегмента пользователи могут контролировать свое здоровье от и до: от количества пройденных сегодня шагов, до уровня кислорода в крови и психологического состояния. Разнообразие функций огромно, что из преимущества переходит в недостаток: пользователю приходится устанавливать большое количество программ с разным функционалом, которые не всегда возможно синхронизировать в одно место, что доставляет неудобство ввиду своей громоздкости и элементарно нехваткой памяти. Причем касается это и ограниченной памяти устройства, и человеческого фактора: очень непросто регулярно заходить в разные приложения и вводить туда данные, которые обновляются ежедневно.

Это является серьезным препятствием и для тех, кто только начинает задумываться над своим здоровьем: мотивация первых дней стихает, включается лень и забывчивость, что ведет за собой отказ от использования потенциально полезного инструмента.

В настоящее время на рынке насчитывается более 300 000 приложений для здоровья, и их число продолжает расти. Однако четкого понимания, каким именно должно быть их исполнение, пока нет.

Существует несколько основных вариантов решения вопроса навигации в приложении: нижнее меню, боковое меню, плиточное меню и плавающая кнопка. Примеры их использования представлены на рисунке. Но какой из них наиболее удобен для пользователя, какой не вызовет негативного впечатления и максимально сократит риск ошибок при использовании интерфейса – такой вопрос был поставлен при планировании и проведении эксперимента.



Боковое меню Плиточное меню Плавающая кнопка

Нижнее меню

Рисунок. Варианты навигации в приложениях для отслеживания здоровья

Эксперимент проводился в формате юзабилити-тестирования интерфейсов трех Android-приложений для отслеживания показателей здоровья. Были выбраны наиболее популярные приложения с похожим функционалом, но различными способами навигации в интерфейсах: Google Fit, Здоровье и Фитнес, LifeSum. Пользователей просили выполнить четыре одинаковых задания в каждом приложении, а затем пройти опрос для оценки каждого из их интерфейсов. В опросе присутствовали вопросы по форме оценки SUS, а также вопрос об общем впечатлении от дизайна приложения. Также пользователям предлагалось своими словами описать достоинства или недостатки приложений, которые они хотели бы выделить.

В процессе прохождения эксперимента фиксировались используемые способы навигации, время выполнения заданий и количество ошибок интерфейсов.

В результате проведения основного эксперимента были подтверждены некоторые гипотезы, определены наиболее интуитивно понятные способы навигации и добавления новых показателей, собрано субъективное мнение опрошенных о каждом из приложений.

Гипотезы о наличии корреляции проверялись методом преобразования Фишера от коэффициента Спирмена с правосторонней проверкой. В гипотезах о корреляции между количеством ошибок и оценкой SUS, а также между оценкой SUS и временем, потраченным на выполнение заданий, не получили подтверждения в виду их статистически незначимого результата.

С высоким уровнем доверия и практически максимальной мощностью можно подтвердить гипотезы о наличии прямой зависимости между затраченным временем и количеством ошибок, а также между оценкой дизайна и оценкой SUS. Если в первом случае связь кажется довольно очевидной, то на основании второго можно утверждать, что для пользователя функциональность идет в связке с общим дизайнерским решением приложения, и, скорее всего, если приложение действительно удобное, о дизайне в нем тоже не забыли.

Остальные гипотезы тоже оказались подтвержденными. Как и предполагалось, использование плиточного способа навигации позволяет затрачивать меньшее количество времени пользователя.

Кроме того, в ходе теста Уилкоксона подтвердилось, что именно способ навигации, где участвуют плитка и нижнее меню оказался абсолютным лидером среди конкурентов по оценке SUS в случае сравнения с сочетанием боковое меню+плитка и в случае сочетания нижнее меню + кнопка.

Также с использованием теста Уилкоксона подтвердились гипотезы об наибольшей оценке дизайна приложений с вариантом навигации кнопка+плитка по сравнению с сочетаниями кнопка+нижнее меню и плитка+боковое меню. Однако во втором случае наблюдается низкая мощность, что говорит об очень высокой вероятности ошибки второго рода.

Проверенные и подтвержденные гипотезы представлены в таблице.

Таблица

Подтвердившиеся гипотезы

Гипотеза	p-value	Уровень α	Мощность
Существует положительная корреляция между временем ввода данных и количеством ошибок	<0,0001%	0,56%	99,99%
Существует положительная корреляция между оценками дизайна и SUS	<0,00001%	0,63%	99,99%
Оценка юзабилити SUS у приложения, в котором сочетаются плитка и кнопка, окажется выше по сравнению с сочетанием нижнее меню и кнопка	0,00306%	0,71%	98,53%
Дизайн приложения, в котором сочетаются такие способы навигации, как плитка и кнопка нравится пользователям больше, чем в том, где используются нижнее меню и кнопка	0,00358%	0,83%	80,16%
Использование плиточной сетки позволяет пользователю вносить данные за меньшее количество времени, чем при использовании нижнего меню	0,69778%	1,67%	99,99%

Обобщая полученные результаты, можно сделать следующие выводы:

- вариант навигации, использующий плитку, является наиболее простым и предпочитаемым пользователями;
- кнопка является наименее используемым способом взаимодействия с приложением;
- наиболее предпочтительным вариантом навигации является сочетание плитка + нижнее меню.

Также для более всеохватывающего определения принципов был проведен тщательный литературный анализ, благодаря которому можно выделить несколько фактов, которые стоит выделять.

В статье «Восприятие пользователями мобильных цифровых приложений для психического здоровья: приемлемость и удобство использования» [1] были определены шесть ключевых областей, на которые обращают потребители при взаимодействиях с приложениями для здоровья (результативность, совершенствование, отсутствие технических проблем, простота в использовании, приятный дизайн, опознавание проблем – в случае вопросов психологического здоровья). Также стало ясно, что потребители поддерживают возможность однажды заняться настройкой приложения под себя, чтобы в дальнейшем оно было полностью адаптировано под его потребности.

В ответ на вопрос о мотивации регулярности использования также была получена полезная информация. Результаты одного из экспериментов [2] показывают, что более высокий уровень интерактивности приводит к большему намерению постоянно использовать носимые устройства для отслеживания показателей здоровья.

В еще одной статье [3] также были определены наиболее важные для пользователей моменты: приятный пользовательский интерфейс, регулярные и четкие уведомления, и графический вывод статистики показателей.

Таким образом, принципами проектирования приложений для отслеживания показателей здоровья было решено считать следующий перечень:

- понятные пользовательские сценарии;
- четкая и понятная аналитика;
- напоминания и уведомления;

- "немедицинский" внешний вид сервисов;
- геймификация для мотивации;
- персонализация/кастомизация;
- оптимальный способ навигации – сочетание плиточного и нижнего меню. Использование кнопки не рекомендуется.

Полученные результаты будут использованы в дальнейшем при проектировании прототипа интерфейса супер-приложения по отслеживанию здоровья, в котором будут учтены предложенные принципы, наиболее предпочитаемые способы навигации в подобных интерфейсах, а также рекомендации и отмеченные респондентами ошибки и достоинства, полученные в виде ответов в свободной форме после прохождения эксперимента.

Список использованных источников

1. Chan A.H.Y., Honey M.L.L. User perceptions of mobile digital apps for mental health: Acceptability and usability - An integrative review // Journal of Psychiatric and Mental Health Nursing. 2022. Vol. 29. №. 1. Pp. 147–168.
2. Windasari N.A., Lin F. Why Do People Continue Using Fitness Wearables? The Effect of Interactivity and Gamification // SAGE Open. 2021. №. 11(4). Pp. 215824402110566.
3. Armstrong C.C. et al. Youth and provider perspectives on behavior-tracking mobile apps: Qualitative analysis // JMIR Mental Health. 2021. Vol. 8. №. 4. DOI:10.2196/24482.

УДК 681.78

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЯДЕРНОГО МАГНИТНОГО ГИРОСКОПА

Завитаев А.С.[1,2] *(аспирант),* ***Евстифеев М.И.***[1,2]

[1]*Университет ИТМО*
[2]*АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор»*

e-mail: zav.al98@mail.ru

В работе рассматриваются технологические аспекты проектирования подсистем ядерного магнитного гироскопа. Этот гироскоп является новым типом гироскопических устройств, принцип действия которых основан на использовании эффекта ядерного магнитного резонанса. Особенностью эффекта является то, что атомы, участвующие в резонансе, не подвержены вибрационному воздействию. Для реализации такого устройства необходимо решение ряда новых конструкторско-технологических проблем, анализ которых представляется актуальным.

Ключевые слова
Ядерный магнитный резонанс, гироскопия, технология, проектирование.

В настоящее время существует потребность в разработке малогабаритных систем навигации высокодинамичных объектов. Для их создания необходимы гироскопы, которые превосходят микромеханические по точности и волоконно-оптические по виброустойчивости и массогабаритным характеристикам. Исходя из этих требований, а также в связи с появлением новых технологий и методов наблюдения эффекта ядерного магнитного резонанса (ЯМР), возрос интерес к гироскопам, основанным на данном эффекте.

Ядерный магнитный гироскоп (ЯМГ) – новый вид гироскопов, чувствительным элементом которого является ячейка с ансамблем атомов, обладающих макроскопическим магнитным моментом. Принцип действия гироскопа основан на использовании эффекта ядерного магнитного резонанса, суть которого заключается в том, что под воздействием заданного магнитного поля магнитные моменты атомов переориентируются и начинают прецессировать вдоль вектора магнитного поля. При наличии угловой скорости основания частота прецессии магнитного момента ядер в постоянном магнитном поле зависит от величины угловой скорости [1, 2]. Одной из ключевых особенностей является то, что данный гироскоп потенциально нечувствителен к вибрации, так как ансамбль атомов внутри ячейки не восприимчив к внешним механическим воздействиям [3].

Для достижения требуемой от ЯМГ точности на уровне 0.1°/ч необходимо решение следующих технологических проблем в процессе разработки:

- формирование заданного магнитного поля с требуемыми характеристиками;
- создание системы термостатирования внутреннего объема гироскопа;
- обеспечение стабильности показателей оптической системы;
- сохранение стабильности геометрических параметров в условиях внешних воздействий.

Технологические аспекты формирования заданного магнитного поля

Для достижения состояния ЯМР и наблюдения эффектов, связанных с ним, необходимо обеспечить магнитное поле внутри ячейки с минимальным значением градиента (порядка 10 нТл) и со стабильным постоянным значением магнитной индукции (20 мкТл) [4]. Кроме того, необходимо обеспечить магнитное экранирование элементов гироскопа от внешнего магнитного поля. Для обеспечения требуемых характеристик магнитная система должна состоять, как минимум из пятислойного экрана из пермаллоя, а также набор катушек, представляющий собой систему колец Баркера (рис. 1).

К технологическим аспектам формирования магнитного поля следует отнести:

- реализация многослойного малогабаритного экрана с обеспечением заданных коэффициентов экранирования. Это требует решения технологических задач в части формирования из пермаллоя тонкостенных слоев экрана с сохранением точных зазоров между слоями;
- разработка системы малогабаритных катушек диаметром около 10 мм. При этом необходимо соблюдать взаимное расположение на уровне 10 мкм [5]. Использование традиционных технологических приемов в виде катушки на каркасе представляется неэффективным. Необходимо использование аддитивных технологий или технологий микроэлектроники [6].

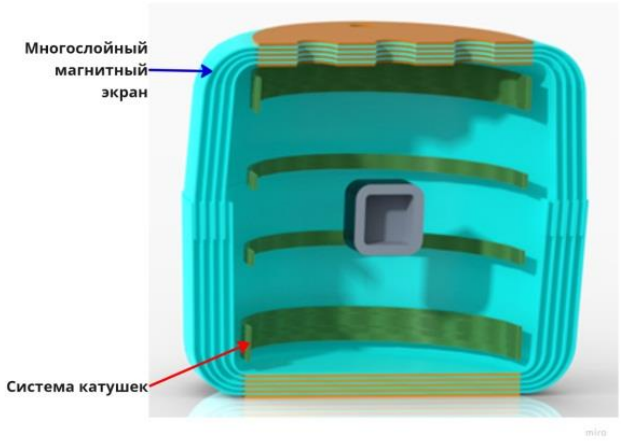


Рис. 1. Магнитная система

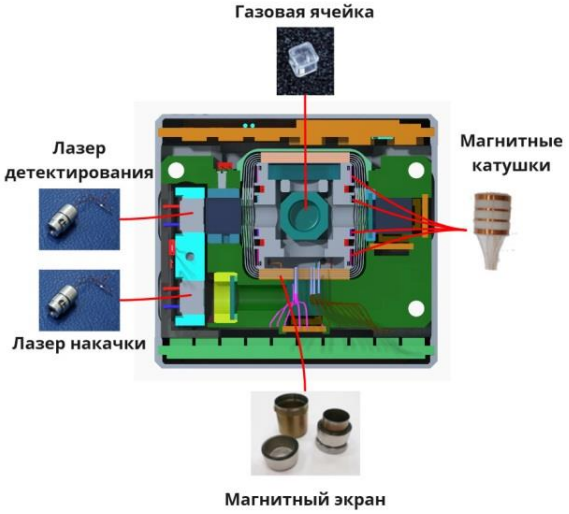


Рис. 2. Конструкция ЯМГ

Технологические аспекты создания системы термостатирования

Ансамбль атомов, находящийся в ячейке ядерного магнитного гироскопа, состоит из трех элементов: буферный газ азот (N_2), цезий (Cs) и ксенон (Xe). Распределение данных газов внутри ячейки зависит от ее температуры. Для оптимального распределения необходимо выдерживать температуру на уровне 90°C.

К технологическим аспектам создания системы термостатирования следует отнести:

- реализация малогабаритной системы, способной поддерживать требуемую температуру, обеспечивая минимальный градиент температур как внутри ячейки (~0.05°C), так и по всему объему гироскопа (~ 1°C) [4];
- доработка конструкции ЯМГ с учетом необходимости термоизоляции ячейки от других элементов конструкции вследствие того, что нагрев ячейки оказывает влияние на геометрические параметры гироскопа, вызывая деформации элементов конструкции. При этом необходимо учесть, что мощность излучения лазеров зависима от температуры [7] и в результате нагрева лазеров от ячейки излучаемая мощность становится недостаточной для стабильной работы гироскопа.

Технологические аспекты обеспечения стабильности оптической системы

Оптическая система включает в себя газовую ячейку и лазеры детектирования и накачки. Должна обеспечиваться параллельность стенок при кубической форме ячейки, чтобы расхождение лазерных лучей при прохождении через нее составляло не более 2°, а их деполяризация в результате прохождение не превышала 5% [4].

К технологическим аспектам создания оптической системы следует отнести:

- формирование малогабаритной оптической системы из ряда дискретных элементов с обеспечением геометрических параметров и оптических свойств. Необходимы технологические исследования возможности разработки и применения интегрально-оптических схем [8];

- создание технологии выставки оптических элементов и выбор технологических приемов крепления, обеспечивающих стабильность оптических элементов во всем диапазоне внешних воздействий.

Сохранение стабильности геометрических параметров

Несмотря на то, что ансамбль атомов в ячейке обладает нечувствительностью к внешним механическим воздействиям, возможно снижение предельной чувствительности гироскопа и изменение выходного сигнала из-за смещений элементов конструкции [8, 9]. Технологический аспект состоит в разработке и производстве конструкции, в которой при помощи применения особых систем крепления, а также иных технологических решений, необходимо свести деформации элементов конструкции к минимуму, что требуется для обеспечения неизменности точностных характеристик гироскопа.

В ходе работы проведен анализ особенностей технических аспектов проектирования ядерного магнитного гироскопа. Выявлены основные проблемы и направления технологических исследований.

Список использованных источников

1. Шевченко А.Н., Захарова Е.А. Исследование зависимости качества резонанса от распределения цезия в ячейке квантового датчика вращения // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2019. Т. 19. №. 4. С. 567–573. DOI: 10.17586/2226-1494-2019-19-4-567-573.
2. Литманович Ю.А., Вершовский А.К., Пешехонов В.Г. Гироскоп на основе явления ядерного магнитного резонанса: прошлое, настоящее, будущее // Материалы пленарного заседания 7-й Российской мультиконференции по проблемам управления ОАО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор». 2014. С. 35–42.
3. Larsen M., Bulatowicz M. Nuclear magnetic resonance gyroscope: for DARPA’s micro-technology for positioning, navigation and timing program // Proc. IEEE Int. FrequencyControl Symposium. 2012. DOI:10.1109/fcs.2012.6243606.
4. Вершовский А.К., Литманович Ю.А., Пазгалев А.С., Пешехонов В.Г. Гироскоп на ядерном магнитном резонансе: предельные характеристики // Гироскопия и навигация. 2018. Т. 26. №. 1. С. 55–80. DOI:10.17285/0869-7035.2018.26.1.055-080.
5. Sakamoto Y., Bidinosti C.P., Ichikawa Y. et al. Development of high-homogeneity magnetic field coil for 129Xe EDM experiment // Hyperfine Interact 230. 2015. Pp. 141–146. https://doi.org/10.1007/s10751-014-1109-5.
6. Baranov A.A., Zhukova S.A., Obizhaev D.YU., Turkov V.E. Fabricating a high aspect ratio ferromagnetic core 3D micro-inductor using MEMS technology // Nanoindustry Russia. 2018. Pp. 511–511. DOI: 10.22184/1993–8578.2018.82.511.
7. Алексеева В.А., Лукин А.В., Гагарский С.В., Сибирев М.Ю., Ханков С.И. Температурная зависимость энергетических параметров лазеров на основе неодимсодержащих кристаллов // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2001. №. 4. С. 5–16.
8. Noor R.M., Shkel A.M. MEMS Components for NMR Atomic Sensors // Journal of Microelectromechanical Systems. 2018. Vol. 27. №. 6. Pp. 1148–1159. DOI: 10.1109/JMEMS.2018.2874451.
9. Evstifeev M.I., Zavitaev A.S. Estimation of the nuclear magnetic gyroscope sensitivity to inertial influences // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2022. Vol. 1215. №. 012014. Pp. 1–8.

УДК 004.9

СИМУЛЯТОР ТРАНСПОРТНОГО ДВИЖЕНИЯ ДЛЯ ТЕСТИРОВАНИЯ ПЛАТФОРМЫ ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ (IOT) И АНАЛИЗА ЛОГИСТИЧЕСКОГО ПОДХОДА

Иманзаде Ф.Р.[1] *(студент)*

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент Перл И.А.[1]

[1]*Университет ИТМО*

e-mail: fexri_imanzade@mail.ru, ivan.perl@itmo.ru

В данной работе обозревается технология «Интернет Вещей». Описываются типы тестирования процессов симуляции в Интернет Вещей. Были рассмотрены основные концепции симуляции транспортного движение для IoT платформы.

Ключевые слова
Симуляция, интернет вещей, IoT, Интернет Вещей, симуляция для транспортных систем.

Симуляция транспортных средств является важным шагом в тестировании систем Интернета вещей (IoT) и анализе логистических подходов. В связи с растущим спросом на эффективные и надежные системы доставки важно иметь виртуальную среду, в которой можно тестировать и анализировать различные логистические сценарии. Процесс симуляции может помочь выявить узкие места, оценить различные стратегии маршрутизации и оптимизировать использование ресурсов. Он также может предоставить ценную информацию о поведении подключенных устройств и потоках товаров, что может помочь в разработке более совершенных систем IoT.

Чтобы создать реалистичную среду симуляции, необходимо учитывать различные факторы, такие как типы транспортных средств, дорожная сеть, схемы движения и погодные условия. Эти параметры можно смоделировать с помощью компьютерных алгоритмов, и симуляцию можно запускать несколько раз с различными входными данными для оценки различных сценариев. Результаты симуляции можно анализировать и использовать для принятия обоснованных решений о логистических операциях. Например, симуляция может предоставить информацию о среднем времени доставки, расходе топлива и количестве транспортных средств, необходимых для выполнения конкретной задачи. Эта информация может быть использована для оптимизации распределения ресурсов и повышения общей эффективности логистической системы.

Интернет вещей или IoT можно, в широком смысле, определить как взаимосвязь устройств друг с другом и с Интернетом для процесса загрузки и предоставления услуг миру, тем самым преодолевая разрыв между физическим миром и их представлением в информационной системе [1]. Функциональность всей системы возникает из-за использования датчиков для сбора данных из физического мира, программного обеспечения и электроники для обмена и вычисления данных. Как правило, IoT предлагает расширенные возможности подключения между устройствами, работающими в разных средах, с разными архитектурами и операционными системами.

Симуляцию можно назвать визуализацией реальности. Это абстракции реального мира, которые используются для выделения частей, на которых мы хотим сосредоточиться, без необходимости использовать ресурсы, необходимые для применения того же в реальной жизни. Симуляторы бывают разных видов. Симулятор — это устройство, которое использует звук, свет, зрение, движение и обоняние, чтобы заставить нас испытать одну и ту же ситуацию [2]. Компьютерные видеоигры могут быть примером недорогих симуляций. Методы симуляции

также используются для подтверждения научных теорий, проведения медицинских исследований, проектирования крупномасштабных компьютерных сетей и т. д.

Поскольку вся структура IoT довольно велика, можно использовать моделирование для разработки приложений и тестирования бизнес-модели вокруг предлагаемых приложений без необходимости вкладывать средства в оборудование до тех пор, пока не будет создана зрелая модель. Таким образом, в сценарии моделирования транспортного средства требуется полный анализ данных и поведения моделируемой модели, чтобы принять меры предосторожности и оптимизировать характеристики. Существуют различные типы симуляции, основанные на IoT и интеллектуальных объектах. Это может разделяться на две части: общие и специализированные. Специализированные симуляторы ОС IoT как часть их среды разработки, такие как Cooja, Contiki OS и т.д. Самым большим преимуществом этих симуляторов является то, что они не требуют модели симуляции, и один и тот же код может использоваться для различных типов среды симуляции. Однако эти симуляторы не масштабируются из-за моделирования всего устройства. С другой стороны, общие симуляторы, такие как ns-2, ns-3 и т. д., требуют имитационных моделей, но они легко масштабируются. Для тщательного анализа приложений и решения проблем «что, если» нам требуется упреждающий подход (моделирование в цикле), который должен работать в режиме реального времени с моделями как минимум среднего размера. Некоторые парадигмы, такие как многоуровневая симуляция, могут использоваться на умных территориях для создания высоко детализированных симуляций.

Легко предсказать, что транспортные средства будут в центре внимания приложений IoT, поскольку в настоящее время транспортные средства представляют собой одну из крупнейших технологических затрат/инвестиций любого потребителя. Транспортные средства в основном представляют собой сложные машины, включающие несколько микроконтроллеров, взаимодействующих через бортовые шины. Различными приложениями IoT в транспортных средствах могут быть:

- эффективные и более безопасные методы вождения, которые могут предотвратить несчастные случаи и спасти жизни. Он дает своевременные предупреждения о техническом обслуживании, поэтому делает механические характеристики безопасными.
- низкие затраты на техническое обслуживание и эксплуатацию;
- предварительная информация о трафике и водителе;
- связь между транспортными средствами;
- автомобиль для интернет-коммуникации.

Тестирование процессов симуляции транспортных средств в Интернете вещей (IoT) может включать несколько типов тестирования [3], в том числе:

1. Функциональное тестирование: этот тип тестирования проверяет, что симулятор точно отражает поведение транспортных средств в реальном мире и их взаимодействие с другими системами, такими как системы управления дорожным движением и другими транспортными средствами.
2. Тестирование производительности: этот тип тестирования оценивает производительность системы моделирования с точки зрения времени отклика, вычислительной мощности и использования памяти. Это помогает определить области для оптимизации и обеспечить бесперебойную и эффективную работу моделирования.
3. Нагрузочное Тестирование: этот тип тестирования измеряет способность симуляции системы обрабатывать растущее количество транспортных средств и других элементов, таких как светофоры и дорожные знаки, без ущерба для производительности. Это помогает гарантировать, что симуляцию можно использовать для моделирования крупномасштабных реальных сценариев.
4. Тестирование функциональной совместимости: этот тип тестирования проверяет, может ли симуляция взаимодействовать и интегрироваться с другими системами и технологиями, такими как GPS и связь между транспортными средствами (V2V). Это помогает гарантировать, что симуляцию можно использовать для моделирования реальных сценариев взаимодействия транспортных средств и других систем.

5. Ux-тестирование: этот тип тестирования оценивает простоту использования и интуитивность интерфейса и элементов управления симуляции. Это помогает гарантировать, что симуляцию могут использовать неспециалисты и те, у кого может быть ограниченный опыт работы с системами симуляции.
6. Выполняя эти типы испытаний, организации могут проверить функциональность, производительность и удобство использования своих систем моделирования транспортных средств и убедиться, что они могут точно, симулировать реальные сценарии и поддерживать разработку и внедрение технологий IoT в транспортном секторе.

В последние годы Интернет вещей привлек большое внимание промышленности и исследователей. Это тенденция, которая сохранится и в ближайшем будущем. Неоднородность и различные масштабы усложняют приложения IoT, которые требуют тщательного тестирования перед любым развертыванием, что возможно только при правильном анализе симуляции. В заключение можно сказать, что симуляция транспортных средств является важнейшим инструментом тестирования и анализа логистических подходов в эпоху Интернета вещей. Он предоставляет виртуальную среду для тестирования различных сценариев, оценки производительности подключенных устройств и оптимизации использования ресурсов. Используя информацию, полученную в результате моделирования, компании могут улучшить свои логистические операции и оставаться впереди в конкурентной среде.

Список использованных источников

1. Weber R.H., Romana W. Internet of things. 2010. Vol. 12. New York, USA: Springer. 135 p.
2. Simulation. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www. Omics online. Org/simulation-scholarly -journal.php (дата обращения: 10.03.2023).
3. Долгушев Р.А., Киричёк Р.В. Обзор возможных видов и методов тестирования Интернет Вещей // Распределенные компьютерные и телекоммуникационные сети: управление, вычисление, связь (DCCN-2016). 2016. С. 122–128.

УДК 53.088.6

ИССЛЕДОВАНИЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОГО ГИРОСКОПА К МАГНИТНОМУ ПОЛЮ

Климова Е.Н.[1,2] *(аспирант)*

Научный руководитель – кандидат технических наук Драницына Е.В.[1,2]

[1]*Университет ИТМО*
[2]*АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор»*

e-mail: elizaveta55555@mail.ru

Работа выполнена в рамках темы НИР №622286 «Разработка оборудования для обеспечения проведения биомагнитных исследований в области нейротехнологий»

В работе рассмотрено влияние магнитного поля на волоконно-оптический гироскоп. Проведено теоретическое исследование чувствительности волоконно-оптической катушки к магнитному полю на основе теории модового поля.

Ключевые слова
Волоконно-оптический гироскоп, ВОГ, влияние магнитного поля, погрешность, волоконный контур.

Волоконно-оптический гироскоп (ВОГ) – это электронный оптический прибор, предназначенный для измерения абсолютной угловой скорости относительно инерциального пространства. Чувствительный элемент ВОГ представляет собой катушку из волоконного световода [1, 2]. ВОГ широко применяется в навигации военной и гражданской техники авиационного и морского транспорта из-за потенциально высокой точности. Однако к искажению выходного сигнала гироскопа могут приводить изменение внешних факторов, таких как флуктуации электрических и магнитных полей, изменение температуры, акустические шумы и вибрации, оптические нелинейные эффекты, дробовые шумы в фотодетекторе и другие [2, 3].

Точность ВОГ может существенно снизиться при воздействии магнитного поля из-за эффекта Фарадея. Этот эффект обусловлен воздействием магнитного поля, под влиянием которого меняется коэффициент преломления среды при изменении поворота поляризованного светового луча [3].

Целью работы является теоретический расчет чувствительности ВОГ к магнитному полю.

В волоконно-оптической катушке с поддержанием поляризации произвольное магнитное поле H в пространстве разлагается на осевое магнитное поле $H_{\text{о}}$ и радиальное магнитное поле $H_{\text{рад}}$. Из-за угла наклона спирали α после намотки волоконной катушки $H_{\text{о}}$, параллельное оси измерения оптоволоконной катушки, может быть разложено на параллельную составляющую $H_{||}$ и ортогональную составляющую $H_{\perp}$, как показано на рисунке 1. $H_{||}$ параллельно направлению распространения света в волокне, в то время как $H_{\perp}$ является вертикальным по отношению к направлению. Влияние $H_{||}$ и $H_{\text{рад}}$ на ВОГ аналогично, оба из них вызваны магнитооптическим эффектом Фарадея. Разница заключается в том, что магнитный дрейф, вызванный $H_{\text{рад}}$, возникает из-за разницы в длине между двумя соседними слоями волокна в катушке оптического волокна с поддержанием поляризации. Поскольку α мал, а $H_{||}$ обычно составляет менее 1% от $H_{\perp}$, дрейф, вызванный $H_{||}$, также очень мал и может быть проигнорирован. Поэтому особое внимание уделяется механизму воздействия ортогональной составляющей осевого магнитного поля $H_{\perp}$ на ВОГ [4].

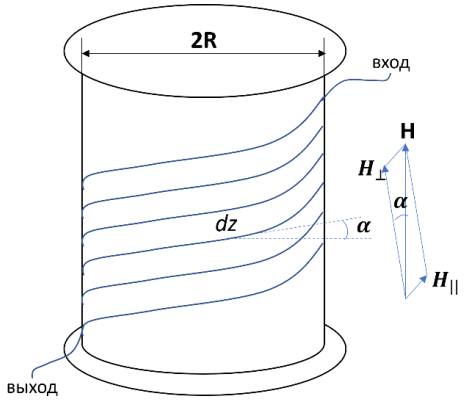


Рис. 1. Разложение осевого магнитного поля H

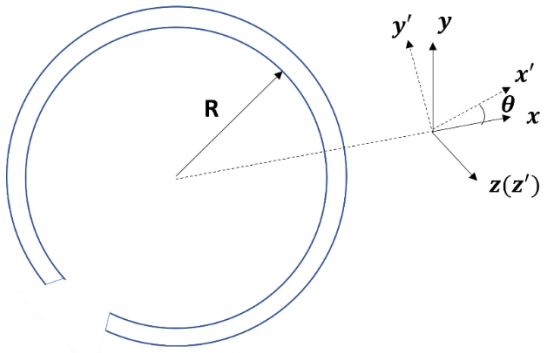


Рис. 2. Мода изогнутого волокна

Поскольку распределение поля моды в волокне чрезвычайно сложное, скалярная аппроксимация, основанная на линейной поляризации, принята для упрощения расчета. Предположим, что режим изогнутого волокна соответствует $H_\perp$, показанному на рисунке 2 (сплошная кривая): ось z направлена вдоль оси волокна, ось x – вдоль радиуса плоскости катушки волокна, а ось y – вертикально к плоскости катушки. Установив уравнение Максвелла и проанализировав в теории модового поля, сдвиг моды для света, поляризованного в направлении x по поперечному сечению волокна, имеет вид:

$$\delta_x = \frac{3VH_\perp}{2\pi^2}\left(\frac{\lambda}{n}\right)^2, \tag{1}$$

где V – постоянная Верде,
λ – длина волны света,
n – показатель преломления сердцевины волокна [5].

Поскольку угол α спирали очень мал, вектор $H_\perp$ в уравнении (1) можно заменить на H. При этом знак сдвига моды противоположен для встречно распространяющихся световых волн. Поскольку разность оптического пути между двумя встречно распространяющимися световыми волнами, поляризованными вдоль оси x в волоконной катушке, составляет $\Delta L = N \cdot 2\pi \cdot 2\delta_x$, порождающие невзаимные фазовые ошибки, вызванные $H_\perp$, равны:

$$\varphi = 4\pi N\beta\delta_x, \tag{2}$$

где N – общее число витков катушки, предполагающее $\beta \approx kn$,
k – волновое число в вакууме и $k = w/v = 2\pi/\lambda$. Подставляя β и δ_x в уравнение **Ошибка! Источник ссылки не найден.**, невзаимные фазовые ошибки переписываются как:

$$\varphi = \frac{12HV\lambda N}{n}. \tag{3}$$

Когда угловая скорость $\Omega \neq 0$, время распространения двух световых волн удовлетворяет:

$$t_{CW} = \frac{2N\pi R}{c_{CW}} = \frac{2N\pi R}{c - R\Omega}, \tag{4}$$

$$t_{CCW} = \frac{2N\pi R}{c_{CCW}} = \frac{2N\pi R}{c + R\Omega}, \tag{5}$$

где c – скорость света в вакууме;
c_{CW} – скорость, с которой свет распространяется по часовой стрелке;
c_{CCW} – скорость, с которой свет распространяется против часовой стрелки;
R – радиус волоконной катушки.

Из-за $c^2 >> (R\Omega)^2$, разность фаз между световыми волнами по часовой стрелке и против часовой стрелки может быть записана как:

$$\varphi = \frac{2\pi \cdot c}{\lambda} \cdot (t_{CW} - t_{CCW}) \approx \frac{8\pi \cdot S}{\lambda c} \cdot \Omega = \frac{4\pi \cdot RL}{\lambda c} \cdot \Omega, \tag{6}$$

где $L = N \cdot 2\pi R$ – длина волокна,
$S = N \cdot \pi R^2$ – эквивалентная площадь волоконной катушки.

Для $H_\perp$ из уравнений (3) и (6) нулевое смещение ВОГ в °/ч, вызванное порождающими невзаимными фазовыми ошибками, выводится как:

$$\Omega = \frac{3HV\lambda^2 c}{2n(\pi R)^2} \cdot \frac{3600\times180}{\pi}. \quad (7)$$

Как показано в уравнении (3), невзаимные фазовые ошибки φ, вызванные $H_\perp$, тесно связаны с числом витков N и со значением магнитной напряженности $H_\perp$. Поскольку параметры V, λ, N и n являются постоянными после изготовления волоконной катушки, φ пропорционален только $H_\perp$ и не зависит от размера и формы катушки. Кроме того, из уравнения (7), нулевое смещение ВОГ для $H_\perp$, вызванное φ, обратно пропорционально радиусу каркаса волоконной катушки.

Для теоретического расчета использовалась волоконно-оптическая катушка ВОГ, исходные данные которой представлены в таблице.

Таблица

Данные волоконно-оптической катушки ВОГ

Название параметра	Обозначение	Числовое значение	Единицы измерения
Длина волокна	L	2000	м
Радиус катушки	R	120	мм
Общее количество витков	N	5000	
Длина волны света	λ	1550	нм
Показатель преломления сердцевины волокна	n	1,47	
Постоянная Верде в кварце	V	$1{,}26*10^{-6}$	1/(м*Э)

В процессе вычислений получено, что сдвиг моды для света в ортогональном направлении, высчитанный по формуле (1), равен $\delta_x = 5{,}32 * 10^{-19}$ м, а нулевое смещение ВОГ, вызванное невзаимными ошибками, равно $\Omega = 0{,}0034$ °/ч. Для того, чтобы определить чувствительность ВОГ $\Omega_{ВОГ}$ при воздействии заданного поля необходимо разделить нулевое смещение ВОГ, вызванное невзаимными ошибками, на значение напряженности магнитного поля по формуле (8).

$$\Omega_{ВОГ} = \frac{\Omega}{H} = 0{,}001 \text{ °/ч/Э}. \quad (8)$$

В работе проведен теоретический расчет чувствительности волоконно-оптической катушки к воздействию магнитного поля на основе теории модового поля. Теоретическая чувствительность ВОГ к магнитному полю равна $\Omega_{ВОГ} = 0{,}001$°/ч/Э.

Список использованных источников

1. Пешехонов В.Г. Современное состояние и перспективы развития гироскопических систем // Гироскопия и навигация. 2011. №. 1(72). С. 3–17.
2. Унтилов А.А., Егоров Д.А., Рупасов А.В., Новиков Р.Л., Нефоросный С.Т., Азбелева М.П., Драницына Е.В. Результаты испытаний волоконно-оптического гироскопа // Гироскопия и навигация. 2017. Т. 25. №. 3(98). DOI 10.17285/0869-7035.2017.25.3.078-085.
3. Волоконно-оптическая гироскопия. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://pandia.ru/ (дата обращения: 01.03.2023).
4. Кулаченков Н.К., Шевченко А.Н., Безмен Г.В. Исследование магнитных экранов с использованием современных методов проектирования // Материалы XVIII конференции молодых ученых «Навигация и управление движением». 2016. С. 678–682.
5. Song N., Ma F., Wang X., Chen W., Yu J., Peng X. Research on Axial Magnetic Field Sensitivity in the Polarization-Maintaining Optical Fiber Coil of Fiber Gyroscope // IEEE Access. 2020. Vol. 8. Pp. 222242–222247. DOI: 10.1109/ACCESS.2020.3031909.

УДК 004.925

ПРОГРАММНАЯ ПОСТОБРАБОТКА ИГРОВЫХ ЛОКАЦИЙ В СТИЛЕ ИМПРЕССИОНИЗМ В UNREAL ENGINE

***Кошечкин Д.М.*[1] *(студент),* *Меженин А.В.*[1]**

***Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент Меженин А.В.*[1]**

[1]*Университет ИТМО*

e-mail: mejenin@mail.ru

В данной работе рассматривается способ стилизации игровых локаций в стиле импрессионизм путем изменения экранных координат пикселей изображения и их значений цвета с помощью шейдера постобработки в Unreal Engine. В ходе исследования предложены и сравнены новые методы добавления оттенков цвета в изображение на основе случайных значений, проведена практическая апробация данного метода стилизации, сделаны выводы о его применимости в рамках задачи стилизации и возможности последующей доработки. В данной работе рассматриваются методы добавления в изображение случайных по теплохолодности цвета оттенков, использующие информацию о яркости исходного цвета.

Ключевые слова
Stylization, painterly rendering, non-photorealistic rendering, post-processing, filtering, impressionism.

Стилизованный внешний вид в играх получают с помощью не фотореалистичного рендеринга. Не фотореалистичный рендеринг — это рендеринг, который не является физически корректным. В программе Unreal Engine можно имитировать различные художественные стили с помощью постобработки изображения сцены postprocess-шейдером.

При имитации стиля импрессионизм основными задачами являются сохранение мелких деталей при обобщении картины на мазки, добавление случайных оттенков в мазки, которое обогатила бы изображение цветами. Наличие множества красочных мазков, может вызывать раздражение, поскольку случайное смещение по цветовому диапазону вызывает тональную разницу мазков, изменение тона, также влияет на восприятие целостности картины, поскольку тон воспринимается глазом в первую очередь.

В качестве метода представления изображения локации в виде множества мазков рассматривается преобразование UV координат экрана с помощью метода использования мета-текстуры [1], который искажает контуры объектов. В качестве мета-текстуры используется карта нормалей, полученная из бесшовной черно-белой текстуры объемных мазков. Мета-текстура проецируется на модели в игровой локации по трем осям сразу в мировых координатах. Данные о нормалях к поверхности мазков на моделях конвертируются в экранные координаты и добавляются в координаты пикселей исходного изображения сцены. Данные искаженные экранные координаты обобщаются фильтром kuwahara. Таким образом, все объекты в изображении получают неровные контуры, как если бы они были нарисованы множеством мазков, где каждый мазок имеет свой обобщенный цвет.

Для получения различных по теплохолодности мазков на объекты в сцене проецируется текстура мазков, в которой каждый мазок имеет случайное значение цвета. Исходное обобщенное значение цвета мазка можно смешивать со случайными несколькими способами в зависимости от цветовой модели [2], основной проблемой остается потеря исходного тонального рисунка при изменении цвета пикселя.

Предлагается два способа изменения теплохолодности цвета мазков, которые назначают конкретный цвет для каждого, задаётся случайным значением и сохраняют относительную цельность тонального рисунка обрабатываемого изображения.

Первым способом создать красочное изображение является прибавление для каждого мазка случайного значения из небольшого диапазона случайных чисел в канал цвета hue в системе HSV. Шейдером генерируется случайный диапазон от 0 до 1 из текстуры черно-белой версии текстуры цветных мазков, он умножается на 2 и от него отнимается 1, чтобы получить диапазон случайных значений от -1 до 1. Это необходимо, чтобы смещать значение цвета в обе стороны по дуге на цветовом круге, по каналу hue.

Чтобы контролировать разброс случайных значений, диапазон умножается на коэффициент, в дальнейшем исследовании он равен 0,15.

При изменении значения канала hue, меняется значение воспринимаемого тона, которое зависит от яркости пикселя. Чтобы снизить эффект искажения воспринимаемого тона и сохранить разнообразие цветов, шейдере производится анализ значения канала hue у исходного цвета пикселя, в зависимости от того к какому спектру цветов принадлежит исходный цвет, добавляется свой коэффициент яркости, 0,2126 для красного спектра цветов, 0,0722 для синего спектра цветов, 0,7152 для зеленого спектра цветов. Эти коэффициенты взяты из уравнения относительной яркости (1).

Поскольку разброс цветовых значений приводит к утрате оригинального значения насыщенности, значение насыщенности назначается из исходного цвета в каждом мазке.

Для более четкого сохранения исходного воспринимаемого тона был разработан алгоритм изменения исходных цветов изображения, который сохранял бы информацию об исходном тоне каждого цвета. Данный алгоритм работает с цветом пикселя в цветовой модели RGB. Особенность предлагаемого алгоритма в том, что он рассчитывает новый цвет по уравнению (1) "относительной яркости" [3], тем самым сохраняя значение относительной яркости.

$$Y = 0{,}2126 * R_{lin} + 0.7152 * G_{lin} 0.0722 * B_{lin}. \quad (1)$$

Значения цвета трёх каналов выступают в качестве аргументов в уравнении. Через уравнение рассчитывается значение канала зеленого цвета, так как его спектр в цветовом диапазоне самый большой (2). Создание нового цвета происходит путем добавления в красный и синий каналы случайных значений, полученных из текстуры цветных мазков, а затем по уравнению рассчитывается значение третьего канала так, чтобы относительная яркость нового цвета соответствовала значению относительной яркости исходного изображения.

$$R_{rand} = a * r_1 + R_{lin},$$

$$B_{rand} = a * r_2 + B_{lin},$$

$$G_{cl} = \frac{Y - 0.2126 * R_{rand} - 0.0722 * B_{rand}}{0.7152}. \quad (2)$$

Y это значение яркости, оно получается если конвертировать цветной пиксель в черно-белый. r_1 и r_2 это случайные числа из диапазона чисел от -1 до 1. a это коэффициент, отвечающий за ширину диапазона случайных чисел. R_{rand} это значение для канала красного цвета, полученное из суммы значения канала красного цвета при линейном распределении от 0 до 1 и произведения значения яркости на переменную a. Аналогично для B_{rand} значения для канала синего цвета. G_{cl} это рассчитываемое по уравнению значение канала зеленого цвета. Новый цвет будет состоять из каналов R_{rand} , G_{cl} , B_{rand}.

Если по уравнению значение зеленого канала получается отрицательным, то полученный новый цвет исключается из нового изображения маской, и заменяется на исходный. Новые цветные мазки затем смешиваются с черно-белой версией исходного цвета на случайный процент. Таким образом, происходит назначение случайного параметра насыщенности для нового цвета без потери относительной яркости. Данный метод получения новых цветов даёт меньший диапазон цветов, но они имеют одинаковую относительную яркость. Наглядное сравнение обработки цвета двумя методами представлено на рисунке 1.

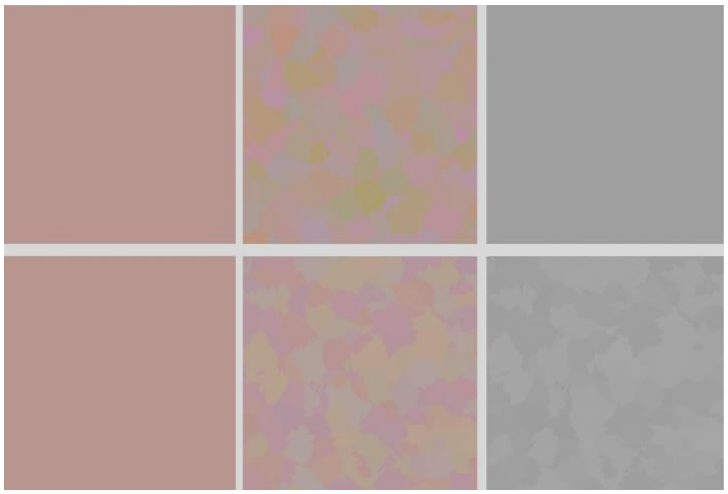


Рис. 1. Сравнение результатов работы двух алгоритмов, не сохраняющий и сохраняющий исходную яркость. В первом столбце исходный цвет, во втором сгенерированные случайные цвета, в третьем ч/б версия сгенерированных изображений

Для исследования восприятия красочных изображений локаций, полученными двумя методами, был проведен эксперимент. В нем на выборке из 76 человек проверялось, как эти алгоритмы влияют на восприятие сцены в целом. Требовалось пройти тест на способность различать теплые и холодные оттенки и затем попарно сравнить изображения игровой среды, и выбрать вариант исходного изображения до обработки, которое соответствует впечатлению о цвете (рис. 2). Подобный метод исследования восприятия рендеринга представлен в данной работе [4].

Рис. 2. Изображение для вопроса в google forms. Слева обработанное изображение, справа одно оригинальное и три слегка измененных по теплохолодности дополнительных варианта

Отклонения от исходных цветов добавлялись случайном диапазоне, коэффициент отступа от исходного значения цвета варьируется случайным образом от -0,15 до 0.15 для двух алгоритмов. На восприятие цвета также влияет усредненный размер мазка, в эксперименте он был примерно равен одной тридцатой размера экрана. Целевыми показателями были выбранные варианты исходных изображений и степень отклонений от верного восприятия теплохолодных цветов. Оба алгоритма делали субъективное восприятие респондентов о цвете более теплым по отношению к исходному изображению. При этом алгоритм, сохраняющий исходные значения яркости цветов оригинальной сцены, сильнее способствовал ее восприятию

как теплой. По тесту знаков для 56 ненулевых разностей на уровне значимости α = 0,025 и мощности 72% p-value = 0,046. Нижняя граница ДИ для доли успехов на уровне доверия 95% равна 0,126, верхняя равна 0,441.

Корреляция Спирмена между способностью различать цвета по теплохолодности и правильностью определения исходных изображений оказалась статистически незначимой на уровне α = 0,025; r s (3) = 0,038, Z = -0,31, p-value = 0,75 при двухсторонней проверке с поправкой на непрерывность. Нижняя граница ДИ для коэффициента корреляции на уровне доверия 95% наверхняя равна 0,21, нижняя граница -0142. При двусторонней проверке конкурирующей гипотезы уровень мощности равен 35%.

Результаты анкетирования показали, что при визуальном сравнении результатов работы двух алгоритмов респонденты воспринимали изображения, полученные алгоритмом, сохраняющим исходную яркость, как более теплые по отношению к исходному изображению (рис. 3). Разницы в предпочтениях результатов работы алгоритмов не было выявлено.

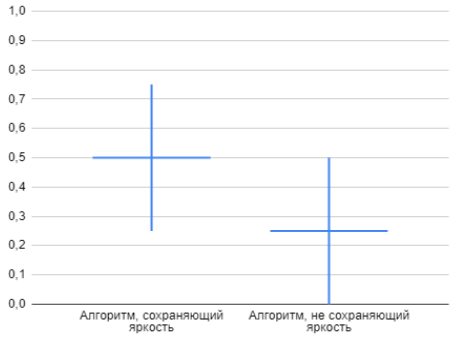


Рис. 3. Доверительный интервал для значений среднего отклонения от исходного цвета к ближайшему более теплому варианту. 0 означает, что нет отклонения, 1 означает, что отклонение максимальное

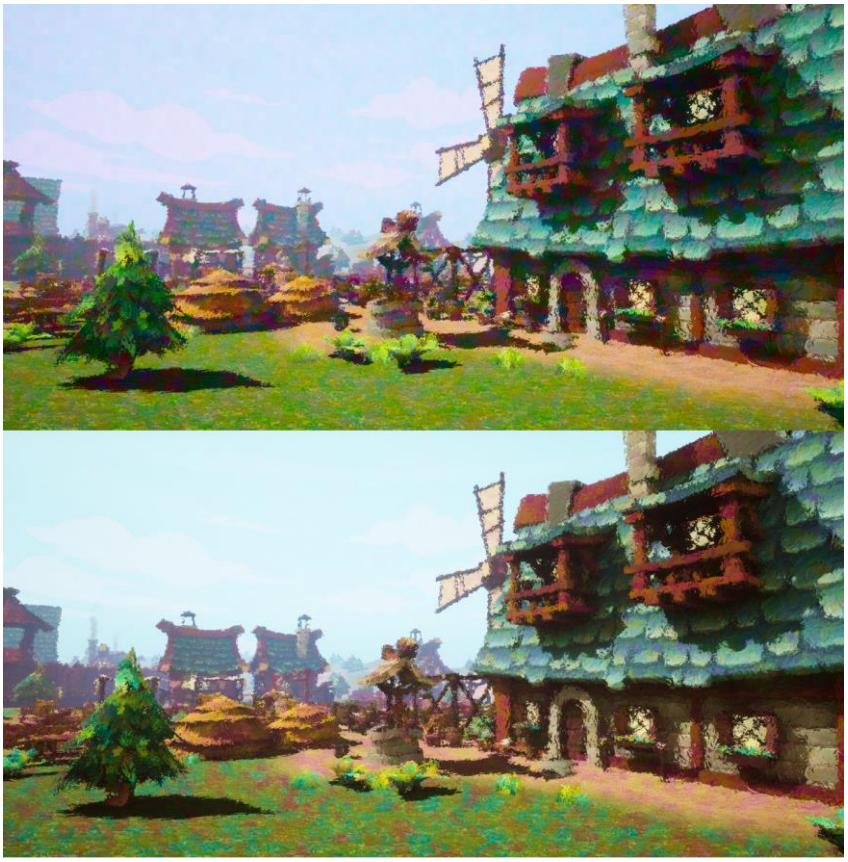


Рис. 4. Локация, обработанная postprocess шейдером в Unreal Engine. Сверху результат работы алгоритма, сохраняющего светлость в мазках, снизу результат работы алгоритма, влияющего на исходное изображение через канал hue

Предполагается, что алгоритм, не сохраняющий светлость, искажает впечатление о цвете более хаотично, в то время как алгоритм, сохраняющий исходную светлость, делает сцену стабильно более теплее, что позволяет в будущем скорректировать его работу. Метод создания новых цветов, сохраняющий исходные значения яркости, качественно обрабатывает темные и ахроматические цвета, в то время как алгоритм, не сохраняющий светлость, хоть и даёт более разнообразные по цвету результаты, но не может создать новых цветов из ахроматических цветов (рис. 4).

По результатам исследования был также сделан вывод о том, что два метода создания разнообразия цветов следует объединить в один, чтобы компенсировать недостатки в обработке темных участков изображений и получении более широкого спектра новых цветов. Необходимо также исследовать влияние размера мазков и ряда других факторов на восприятие красочности получаемых изображений. Данные, полученные в ходе исследований позволят усовершенствовать шейдер так, чтобы получать с его помощью желаемые результаты постобработки быстрее.

Список использованных источников

1. Curtis C., Dart K., Latzko T., Kahrs J. Real-time non-photorealistic animation for immersive storytelling in “Age of Sail” // Graphics and Visual Computing. 2020. Vol. 3. Pp. 100012. https://doi.org/10.1016/j.cagx.2019.100012.
2. Lee J, Choi J., Seo S. Emotion-Inspired Painterly Rendering // IEEE Access. 2020. DOI: 10.1109/ACCESS.2020.2999460.
3. ITU Parameters for HDTV. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/bt/R-REC-BT.709-6-201506-I!!PDF-E.pdf (дата обращения: 22.02.2023).
4. Bousseau A., O'shea J., Durand F., Ramamoorthi R., Agrawala M. Gloss Perception in Painterly and Cartoon Rendering // ACM Transactions on Graphics (TOG). 2013. №. 32. DOI: 10.1145/2451236.2451244.

УДК 620.179.17

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ ПРИ ДЕФЕКТООБРАЗОВАНИИ В ПРОЦЕССЕ ПРЯМОЙ ЛАЗЕРНОЙ НАПЛАВКИ

***Кузиванов Д.О.*[1] *(аспирант),* *Степанова К.А.*[1]*, Ковалевич А.С.*[1]**

***Научный руководитель – доктор технических наук, доцент Федоров А.В.*[1]**

[1]*Университет ИТМО*

e-mail: kuzivanovdmitry@gmail.com

Работа выполнена в рамках темы НИР №620164 «Методы искусственного интеллекта для киберфизических систем»

В работе рассмотрена возможность применения акустико-эмиссионного метода контроля в процессе прямой лазерной наплавки с целью определения момента развития дефектов (роста трещин) в наплавляемых образцах при неверно выбранных режимах наплавки. После изготовления образцов, была проведена их металлография, подтверждающая наличие дефектов в одном из образцов. Данные, полученные при постобработке сигналов АЭ, были также сопоставлены с результатами металлографии.

Ключевые слова
Аддитивные технологии, акустическая эмиссия, неразрушающий контроль, контроль в процессе производства, трещинообразование.

В настоящее время технологии аддитивного производства активно развиваются и находят широкое применение в различных областях промышленности [1, 2]. Специфика процесса получения изделий технологиями аддитивного производства приводит к наличию в деталях различных структурных неоднородностей. Структура полученного материала определяется не только частью объема, занятой дефектами, но и формой и размером данных структурных неоднородностей, прочностью контактов между частицами. В работе проведено исследование зависимостей изменения параметров сигналов акустической эмиссии (АЭ) от процессов, происходящих в материале в процессе прямой лазерной наплавки (ПЛН), которое может обеспечить возможность выявления трещинообразования в изделиях в процессе их прямой лазерной наплавки.

Метод АЭ основан на регистрации сигналов (звуковых волн), излучаемых объектом контроля при возникновении нелинейных процессов при перестройке структуры твердого тела [3]. Применение данного метода в процессе ПЛН может быть полезно при отслеживании происходящих процессов в структуре объекта контроля при его выплавлении (порообразование, трещинообразование).

В рамках работы был сформирован экспериментальный стенд (рис. 1), состоящий из роботизированной установки прямой лазерной выращивания «ИЛИСТ-L», акустико-эмиссионной системы СЦАД 16.10 и четырех преобразователей АЭ с полосой пропускания 100–700 кГц. В ходе экспериментальной части исследования проводилось прямое лазерное выращивание 5 образцов из материала ЭП648 с различными значениями мощности излучения лазера (табл. 1), причем изготовление одного из образцов заведомого влекло за собой образования в нем трещин из-за неверно выбранных параметров наплавки.

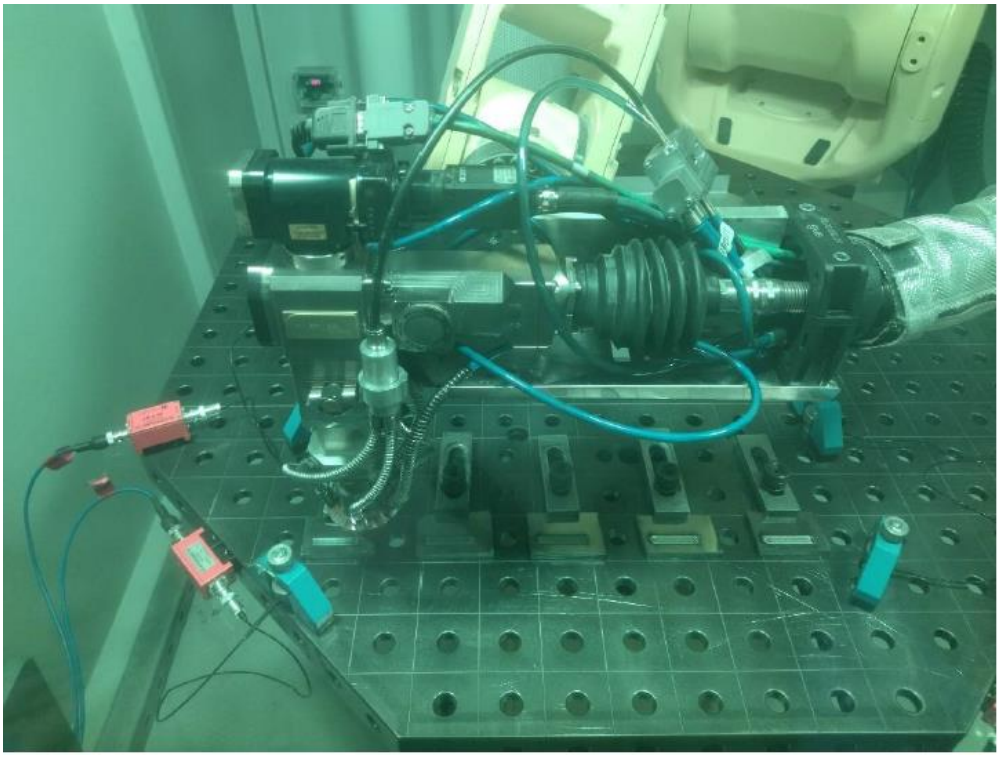


Рис. 1. Внешний вид экспериментального стенда

Таблица 1

Выставленные параметры наплавки контролируемых образцов

Номер образца	Мощь излучения лазера, Вт	Скорость сканирования лазера, мм/с
1	800	5
2	1000	5
3	1200	5
4	1400	5
5	1600	5

Параметры регистрации сигналов АЭ приведены в таблице 2.

Таблица 2

Параметры управления каналами АЭ аппаратуры

Номера каналов	Напряжение U, В	Коэффициент усиления, дБ	Порог селекции (пороговое напряжение), мВ
0	11,32-11,35	63,91	33,6
1	11,32-11,35	63,91	33,6
2	11,32-11,35	63,91	33,6
3	11,32-11,35	63,91	33,6

Результаты сравнительного анализа информативных параметров сигналов АЭ показал следующее:

– максимальное значение амплитуд сигналов АЭ, полученных при контроле наплавки дефектного образца, отличается в большую сторону от этих же значений, полученных при контроле бездефектных образцов, на 10–30%;
– среднее значение амплитуд сигналов АЭ, полученных при контроле наплавки дефектного образца, отличается в большую сторону от этих же значений, полученных при контроле бездефектных образцов, на 5–10%.

Значения максимальных амплитуд сигналов АЭ во время регистрации при контроле наплавки образцов приведены на рисунках 2–6.

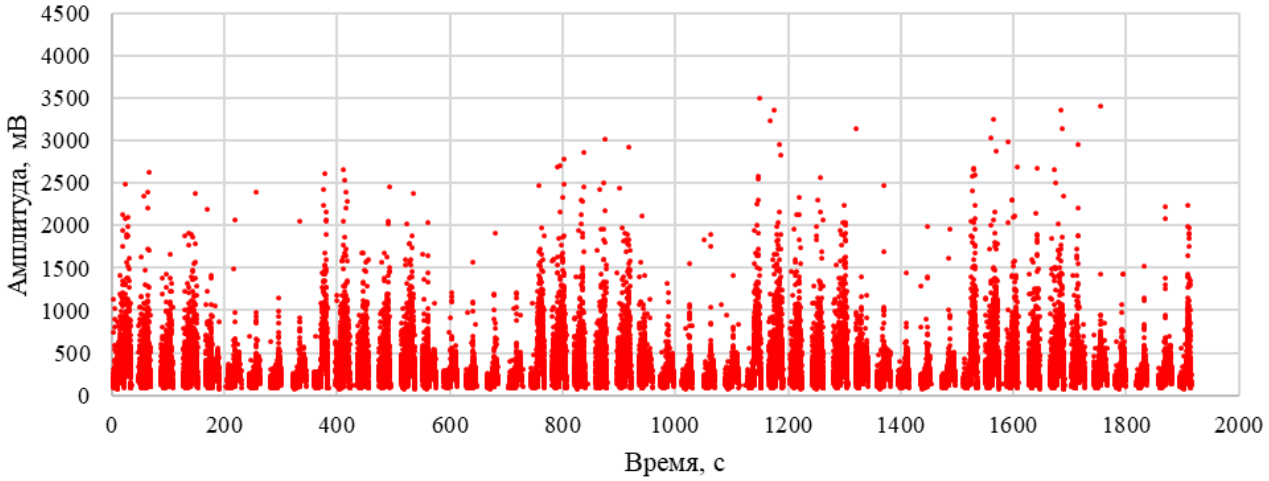


Рис. 2. Распределение максимальных значений амплитуд АЭ при контроле наплавки образца 1

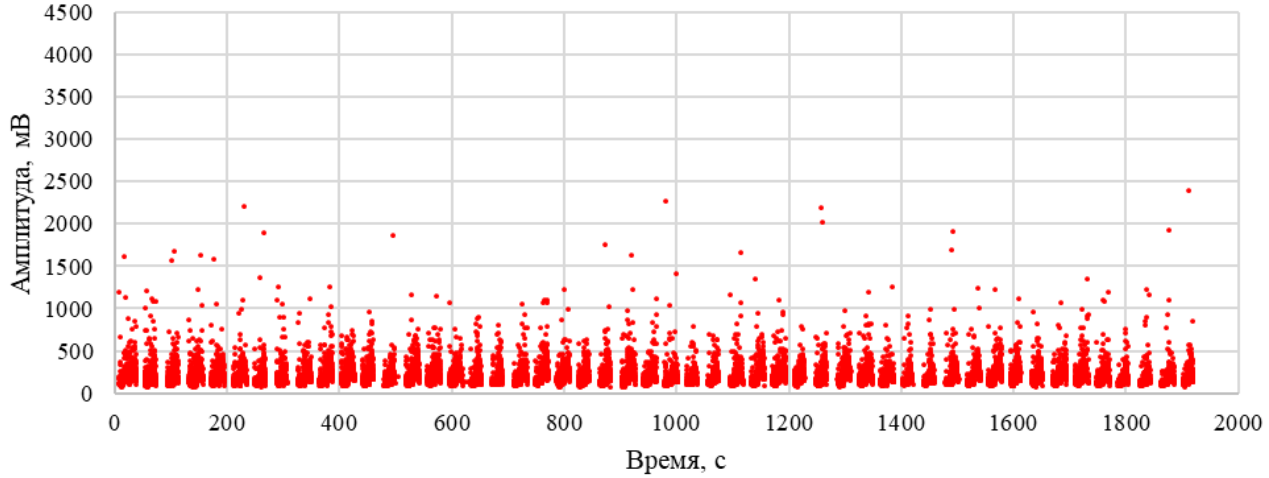


Рис. 3. Распределение максимальных значений амплитуд АЭ при контроле наплавки образца 2

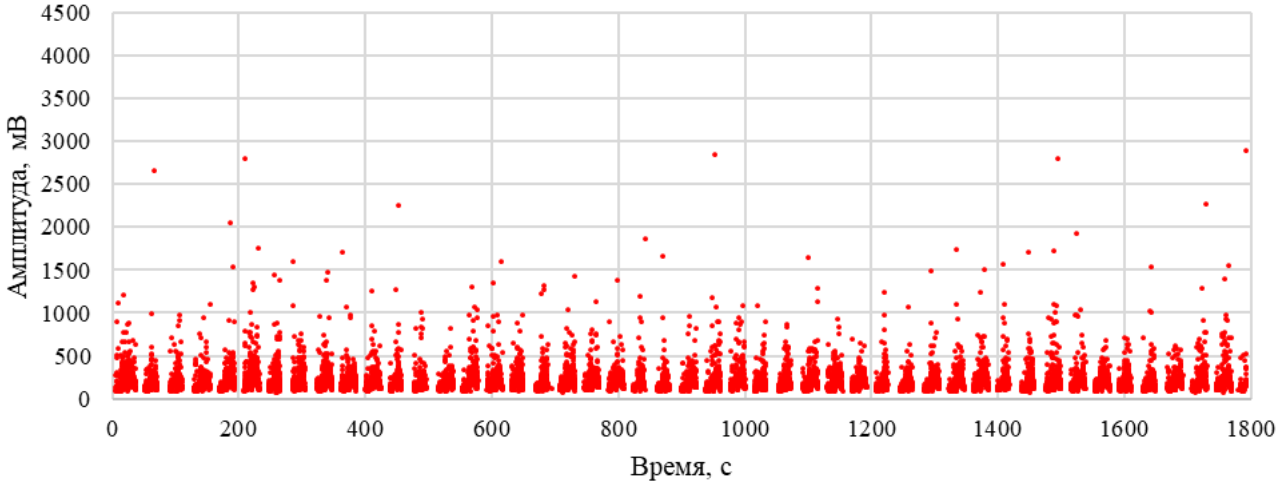


Рис. 4. Распределение максимальных значений амплитуд АЭ при контроле наплавки образца 3

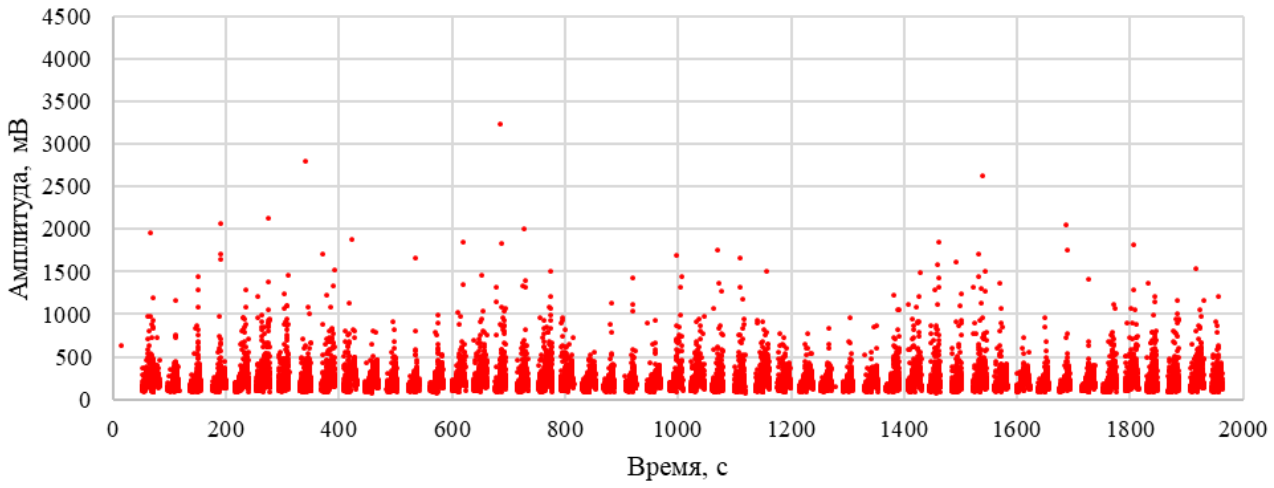


Рис. 5. Распределение максимальных значений амплитуд АЭ при контроле наплавки образца 4

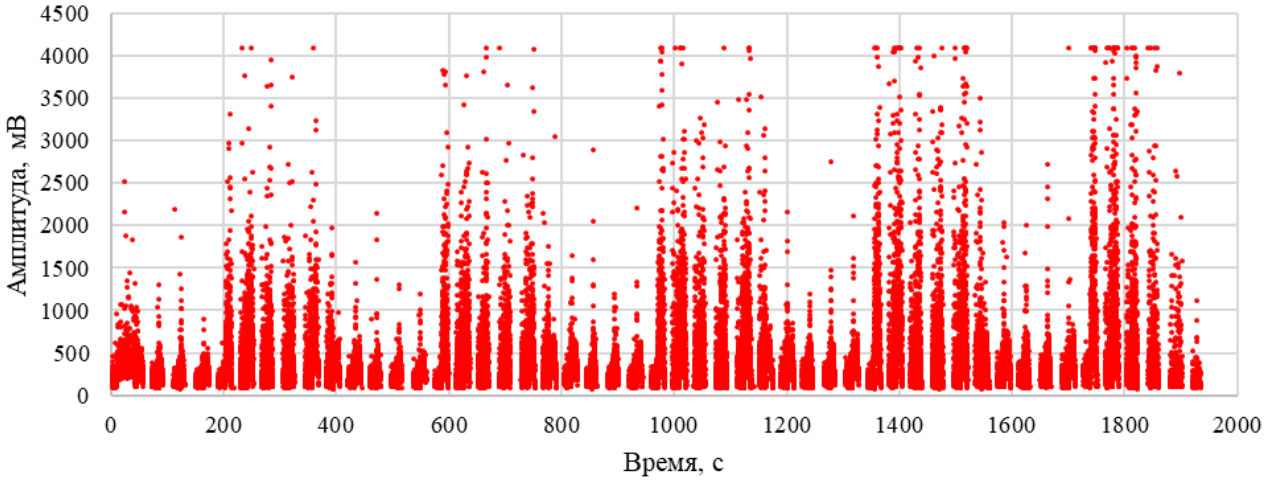


Рис. 6. Распределение максимальных значений амплитуд АЭ при контроле наплавки образца 5

На приведенных графиках распределения максимальных значений амплитуды сигналов АЭ видно, что количество зарегистрированных сигналов АЭ и их амплитуда при контроле 1 и 5 образцов значительно выше, чем при контроле остальных, что могло быть вызвано расположением преобразователей АЭ – они стояли ближе к 1 и 5 образцу и равноудалены от них. Однако, стоит отметить, что эти значения при контроле наплавки 5 образца заметно выше, чем при контроле остальных образцов, что могло быть спровоцировано ростом трещин. Подтверждением этого служит металлография выплавленных образцов, приведенная на рисунке 7.

1 2 3 4 5

Рис. 7. Металлография исследуемых образцов

Таким образом, в ходе экспериментальных исследований была выявлена возможность идентификации роста трещин в изделиях, производимых способом ПЛН. Однако, использование лишь амплитудного критерия недостаточно для того, чтобы с высокой

точностью установить состояние исследуемых изделий. В дальнейшем планируется провести работы по отсеиванию шумов (работа механизмов, подача порошка, производственные шумы) во время АЭ контроля, выявлению спектров сигнала во время различных процессов ПЛН и формированию их АЭ портретов.

Список использованных источников

1. Бетехтин В.И., Ройтман В.М., Случкер А.И., Кадомцев А.Г. Кинетика разрушения нагруженных материалов при переменной температуре // Журнал технической физики. 1998. Т. 68. №. 11. С. 76–81.
2. Степанова Л.Н., Пестов Н.М., Чаплыгин В.Н., Кабанов С.И., Кожемякин В.Л., Лебедев Е.Ю., Катарушкин С.А. Акустико-эмиссионный контроль процесса разрушения образцов из авиаматериалов и элементов авиационных конструкций // Контроль. Диагностика. 2002. №. 2. С. 19–24.
3. Иванов В.И., Власов И.Э. Неразрушающий контроль: Справочник: В 7т. Под общ. ред. В.В. Клюева. Т. 7: В 2 кн. Кн. 1: Метод акустической эмиссии. – М.: Машиностроение. 2005. 829 с.

УДК 004.541

ЮЗАБИЛИТИ ТЕСТИРОВАНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ГРАФИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА ПО ХИМИИ

***Кузьминов И.И.*[1] *(аспирант),* *Галашева Е.Д.*[1]*,* *Белимова П.А.*[1]**

[1]*Университет ИТМО*

e-mail: iikuzminov@itmo.ru

В работе рассмотрена проблема изучения восприятия образовательного графического материала по химии. Также освещаются наиболее интересные исследовательские стратегии, применяющие технологию айтрекинга для изучения аспектов восприятия различного графического материала, обсуждаются результаты применения этих стратегий. Во второй части работы приводятся собственные заключения и предлагается наиболее рациональный путь решения прикладной юзабилити задачи по созданию химического образовательного приложения.

Ключевые слова
Айтрекинг, химическое образование, образовательные материалы, юзабилити, химическое приложение.

По мнению многих участников образовательного процесса, химия является одним из наиболее трудных предметов школьной программы. По данным различных социологических опросов, до 29% учеников признаются, что химия является для них нелюбимым предметом. Также этот предмет регулярно попадает в рейтинги наиболее сложных предметов по мнению российских школьников. Все это вызывает определенные опасения, так как при изучении химии активизируются различные способности, в т. ч. наблюдение, анализ, прогнозирование и умение делать выводы. Такое комплексное развитие мыслительных способностей во время обучения химии положительно сказывается на общем развитии. К сожалению, во время обучения химии зачастую возникают трудности, которые могут быть обусловлены тем, что объекты изучения, а именно атомы и молекулы, не представляется возможным «потрогать и увидеть вживую». И даже успех в химии на уровне уравнений и формул не гарантирует понимание химической концепции предмета, а может быть связан лишь с математическими способностями [1]. Именно поэтому форма и структура химического образовательного контента важны для более быстрого формирования образовательных результатов.

В последние годы массовое распространение по всем предметам получили цифровые обучающие материалы. В химическом образовании имеется значительное количество такого рода цифровых продуктов. Наибольший интерес представляют приложения с графическими пользовательскими интерфейсами, однако они не всегда доступны и понятны пользователю или предназначены для решения какой-то одной конкретной задачи (например, приложения для составления реакции и подсчета коэффициентов уравнения или для ознакомления со свойствами и характеристиками множества элементов таблицы Менделеева). В конечном счете среди приложений отсутствуют такие, в которых использовались бы различные методы графического представления образовательных единиц с направленностью на удобное изучение предмета обучающимся, с возможностью персонификации контента под личные предпочтения. Сложившаяся ситуация может быть связана с тем, что в России практически отсутствует специальная методическая литература и рекомендации по применению цифровых технологий в химическом образовании. Таким образом, в рамках выполнения прикладной задачи по созданию образовательного приложения по химии стало необходимым исследовать пользовательские стратегии анализа различных графических интерпретаций химических образовательных материалов. Для этого была проанализирована зарубежная литература, в которой авторы рассматривали различные особенности восприятия графической информации (преимущественно в области химии).

Большая часть исследований, направленных на изучение особенностей восприятия образовательной информации, как правило осуществляются с применением технологии отслеживания взгляда или метода айтрекинга. Метод позволяет осуществлять регистрацию движения глаз для анализа стратегии глазодвигательной активности пользователя при решении когнитивной задачи, оценки уровня когнитивной нагрузки и эффективности расположения элементов интерфейса. Так, в химическом образовании остается не до конца изученным вопрос эффективности применения 3D визуализации молекулярной графики по сравнению с 2D аналогами. Однако схожее по своей цели исследование, направленное на изучение восприятия и эффективности 2D и 3D визуализаций карт местности, провел Станислав Попелка. Им было обнаружено, что участники эксперимента отдавали предпочтение 3D визуализации, при этом правильность выполнения поставленных задач не зависела от типа визуализации. Тем не менее, стратегии анализа информации для 2D и 3D визуализаций оказались различны [2]. Уже упомянутую проблему исключения из работы обучающимися субмикроскопического уровня атомов и молекул и макроскопического уровня повседневных явлений при постоянной работе с формулами, уравнениями и привычными графическими интерпретациями в той или иной степени подтвердили исследователи из Государственного университета Гранд-Вэлли штата Мичиган [3], а также работа Уильямсона из Техасского университета A & M штата Техас, в которой изучалось восприятие обучающимися структурной формулы и карты электростатического потенциала. Как оказалось, студенты отдавали предпочтение знакомой им ранее структурной формуле даже в тех ситуациях, когда для более быстрого и эффективного решения задачи необходимо было воспользоваться картой электростатического потенциала [4]. Несмотря на полученные результаты, все авторы сходились во мнении, что необходимо продолжать исследования в этом направлении и текущие наработки не позволяют делать фундаментальных выводов, способных формировать методические рекомендации по применению того или иного варианта интерпретирования графической информации. С точки зрения эксперимента главной особенностью всех проанализированных работ было то, что они имели простой дизайн и минимальное количество графических интерпретаций, выступавших в роли визуальных стимулов.

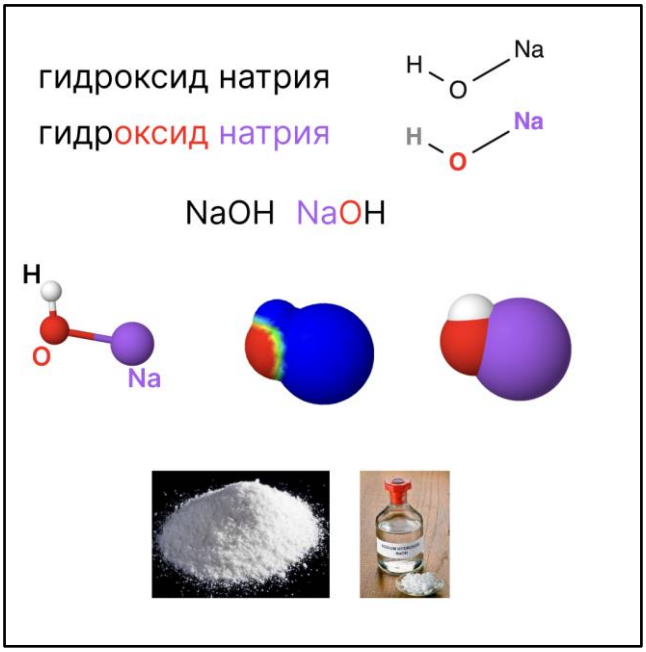


Рис. 1. Различные графические интерпретации гидроксида натрия

В нашем же случае изначально была поставлена цель исследовать и оценить как можно больше графических интерпретаций. После анализа образовательных материалов для одной молекулы были выбраны следующие графические интерпретации, представленные на рисунке 1.

В конечном счете переложение дизайна эксперимента известных работ на нашу задачу оказалось затруднительным. Во-первых, потому что полноценный эксперимент с большим количеством отобранных визуальных стимулов осложнен идентификацией предикторов, учетом множества факторов и исключением зависимостей. Во-вторых, для апробации результатов исследования потребуется провести его с масштабной группой участников. В-третьих, сам дизайн эксперимента выходит очень сложным и неоднозначным и не имеет опоры на имеющиеся экспериментальные нормы.

Во время дальнейших исследований литературы было обнаружено, что юзабилити исследования по оценке различного химического образовательного графического материала еще не проводились. В связи с тем, что такое исследование может стать хорошей базой для дальнейших работ по улучшению химического образовательного продукта, было принято решение о его проведении. Поскольку в современной реальности подавляющее большинство образовательного контента формируется и реализуется в цифровой среде, а при анализе удобства и эффективности его использования необходимо учитывать опыт пользовательского взаимодействия, который способен напрямую влиять на процесс обучения, то юзабилити тестирования исследования программного продукта особенно ценны при сравнении конкретных вариантов дизайна (в нашем случае различных графических интерпретаций) с целью отбора наиболее эффективного решения. Собранные в ходе юзабилити тестирования отзывы участников наиболее полезны в случае, когда планируется проверить, либо усовершенствовать механизмы взаимодействия или форму и реализацию определенных элементов продукта. Помимо прямого опроса участников в юзабилити тестировании, а также в исследованиях когнитивной нагрузки в компьютерных образовательных средах, применяется метод айтрекинга, позволяющий получить информацию о глазодвигательных паттернах восприятия зрительной информации. После проведения юзабилити тестирования представится возможным сделать соответствующие выводы и лучше спланировать полномасштабный эксперимент с полной оценкой эффективности и других параметров восприятия образовательного графического материала по химии с опорой на соответствующие теоретические рамки.

Дизайн юзабилити тестирования

Основной задачей представляемого исследования является оценка восприятия различных графических интерпретаций образовательного химического материала по химии. Поэтому для изучения пользовательского взаимодействия с образовательным контентом фокус должен быть сосредоточен как на юзабилити исследовании интерфейса образовательного продукта в целом, так и на отдельных его компонентах, дающих дополнительное удобство и эффективность использования дидактического материала.

Ход эксперимента

Участники будут разделены на две выборки и, в зависимости от этого, будут проходить два или три этапа эксперимента. На первом этапе каждой группе участников будет необходимо сообщить свою текущую (или последнюю) оценку по химическим дисциплинам. Затем участникам будет предложено ознакомиться с образовательным материалом. Группе (i) будет предложен образовательный материал в классическом текстовом виде (как в учебнике), группе (ii) будет предложен образовательный материал с различными надстройками и усовершенствованиями, встроенными в классический текстовый вид и дополняющими его различными интерактивными графическими интерпретациями образовательного химического материала. Все образовательные материалы будут создаваться на основе учебника по химии за 8 класс под редакцией Еремина В.В. [5]. Различия в образовательном материале представлены на рисунке 2. Во время того, как участники будут знакомиться с образовательными материалами, будет проводиться запись движения глаз с помощью айтрекера (Gazepoint GP3 HD). Собранные данные глазодвигательной активности позволят дополнительно оценить и сравнить поведенческие стратегии участников каждой из выборки в зависимости от типа предоставленного образовательного материала.

После ознакомления с образовательным материалом обе выборки проходят единое контрольное тестирование, которое необходимо для детектирования наличия или отсутствия преимущества у какого-либо образовательного материала путем оценки образовательного результата в каждой группе участников. Также ответы, данные в контрольном тестировании каждым участником, позволят провести анализ в совокупности с данными глазодвигательной активности с целью поиска корреляционных зависимостей. Третий этап представляет собой классическое юзабилити анкетирование участников группы (ii), в ходе которого участниками будет дана оценка надстройкам и усовершенствованиям, встроенным в классический текстовый вид и дополняющим его различными интерактивными графическими интерпретациями образовательного химического материала.

Конечный интерфейс приложения будет выстраиваться на основании выводов, сделанных по результатам анализа данных юзабилити тестирования. Основное направление — это персонификация, то есть предоставленная пользователю возможность самостоятельного выбора того или иного варианта графического интерпретирования образовательного химического материала, с которым он хочет взаимодействовать, а также возможность взаимодействовать с различными интерактивными элементами образовательных материалов. Ожидается, что персонификация и наполнение образовательного материала разнообразными графическими интерпретациями и интерактивными элементами позволят сделать образовательный процесс более гибким и комфортным, а значит более вовлекающим и регулярным, что, в свою очередь, с большой вероятностью скажется на результатах и качестве знаний будущих пользователей.

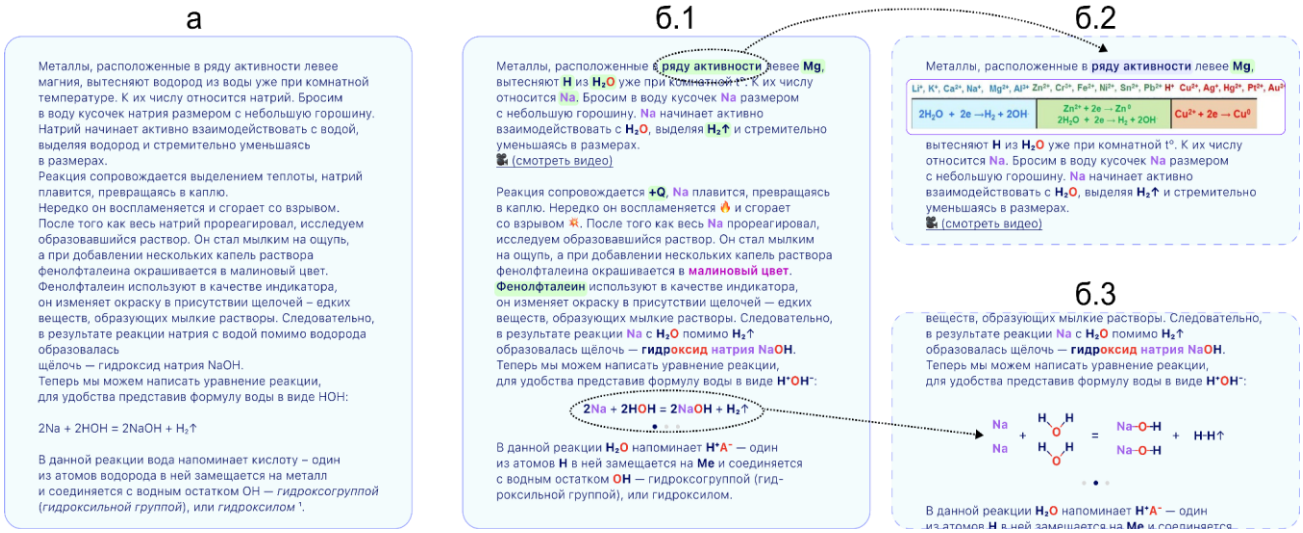


Рис. 2. Два типа образовательных материала (а — классический текстовый вид [5]; б.1 — образовательный материал с различными надстройками и усовершенствованиями, где б.2 — изменение контента путем открытия дополнительной информации при нажатии на активный элемент “ряд активности”, а б.3 — изменение графической интерпретации уравнения при пролистывании)

В зависимости от задач и целей исследования, юзабилити тестирование может применяться как к целостному интерфейсу с проработанной информационной архитектурой, так и к компонентам интерфейса. В дальнейшем с помощью данного подхода, применяемого для оценки восприятия различных графических интерпретаций образовательного химического материала по химии, можно будет исследовать особенности восприятия того или иного варианта графического интерпретирования таблиц, графиков и прочих визуальных элементов, способных усовершенствовать стратегии обучения.

Список использованных источников

1. Johnstone A.H. Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem // Journal of Computer Assisted Learning. 1991. Vol. 7. №. 2. Pp. 75–83.
2. Popelka S., Brychtova A. Eye-tracking Study on Different Perception of 2D and 3D Terrain Visualisation // The Cartographic Journal. Taylor & Francis. 2013. Vol. 50. №. 3. Pp. 240–246.
3. Herrington D.G., Sweeder R.D., VandenPlas J.R. Students' Independent Use of Screencasts and Simulations to Construct Understanding of Solubility Concepts // J Sci Educ Technol. 2017. Vol. 26. №. 4. Pp. 359–371.
4. Williamson V.M., Hegarty M., Deslongchamps G., Williamson K.C.I., Shultz M.J. Identifying student use of ball-and-stick images versus electrostatic potential map images via eye tracking // J. Chem. Educ. American Chemical Society. 2013. Vol. 90. №. 2. Pp. 159–164.
5. Еремин В.В. и др. Химия. 8 класс. Учебник. – М.: Дрофа. 2022. 288 с.

УДК 65.011.56;65.011.46;004.418

МЕТОДИКА РАЗРАБОТКИ СТРУКТУРЫ ИЗДЕЛИЯ В ПО ЛОЦМАН:PLM

Левин Ф.Н.[1] *(студент)*

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент Помпеев К.П.[1]

[1]*Университет ИТМО*

e-mail: phill@levin.tk

В статье рассмотрена методика создания структуры изделия в ПО Лоцман:PLM. Данная методика предназначена для магистрантов направлений «Приборостроение» и «Автоматизация технологических процессов и производств» при изучении ими дисциплины «Автоматизация технологической подготовки производства». Предложенная методика обеспечивает одну из лабораторных работ дисциплины, связанной с изучением функционала ПО Лоцман:PLM и способствует получению студентами необходимых навыков работы с системами класса PLM/PDM.

Ключевые слова
Единое информационное пространство, системы класса PLM/PDM, структура изделия, сборочная единица, деталь, методическое обеспечение.

При изучении магистрантами направлений 12.04.01 – Приборостроение и 15.04.04 – Автоматизация технологических процессов и производств дисциплины «Автоматизация технологической подготовки производства» в ходе выполнения лабораторных работ они получают навыки работы с различными системами, используемыми в технологической подготовке производства на производственных предприятиях, в частности, системами класса PDM/PLM. Примером такой системы является Лоцман:PLM, которая разработана российской программной компанией АСКОН.

Лоцман:PLM – это система управления инженерными данными и жизненным циклом изделия. Лоцман:PLM выполняет координирующую роль в рамках программного комплекса АСКОН для прибора- и машиностроения. Ее задача состоит в объединении бизнес-процессов предприятия и работы инженерных подразделений с использованием различных программных решений в единый процесс разработки изделий [1].

На основе этой системы организуется единое информационное пространство для работы различных специалистов предприятия. Помочь в освоении принципов работы с этой системой призвана предлагаемая учебно-методическая разработка.

Целью работы являлось создание методического обеспечения одной из лабораторных работ курса вышеназванной учебной дисциплины, связанной с освоением функционала ПО Лоцман:PLM. Для достижения поставленной цели были поставлены следующие задачи: разработать методику создания структуры изделия в ПО Лоцман:PLM, разработать образец выполнения лабораторной работы, подготовить варианты исходных данных.

В соответствии с представленной далее методикой разработка структуры изделия в ПО Лоцман:PLM осуществляется в несколько этапов, первым из которых является создание рабочего проекта и присвоение ему статуса «В работе». Для предотвращения возникновения коллизий в PLM-системах предусмотрен статус «В работе». Такой статус присваивает объекту пользователь, который хочет внести какие-либо изменения в объект. Такими изменениями могут быть как создание дочерних объектов, так и корректировка атрибутов [2].

Далее в проекте следует создать структуру изделия в соответствии с исходными данными. Для этого в контекстном меню необходимо последовательно выбрать пункты «Создать», «Объект», и заполнить следующие поля (рис. 1):

1. Тип – «Сборочная единица».

2. Объект по шаблону: ИТМО.XX (где XX – номер варианта).
3. Дата создания – нажать на значение поля, дата подставится автоматически.
4. Разработал – фамилия.
5. Подразделение – номер группы.
6. Наименование – наименование объекта.

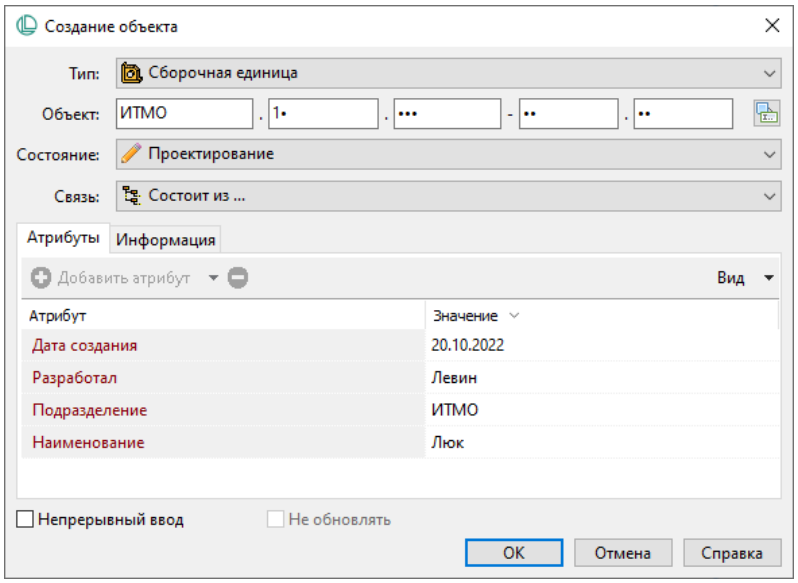


Рис. 1. Диалоговое окно «Создание объекта» (Сборочная единица)

Когда объект «Сборочная единица» создан, необходимо разработать его структуру. Для этого следует добавить в него объект «Деталь» и заполнить следующие поля (рис. 2):

1. Тип – «Деталь».
2. Объект по шаблону: ИТМО.XX.YY (где XX – номер варианта, где YY – позиция детали согласно спецификации).
3. Дата создания (нажать на значение поля, дата подставится автоматически).
4. Разработал – фамилия.
5. Подразделение – номер группы.
6. Наименование – наименование объекта.

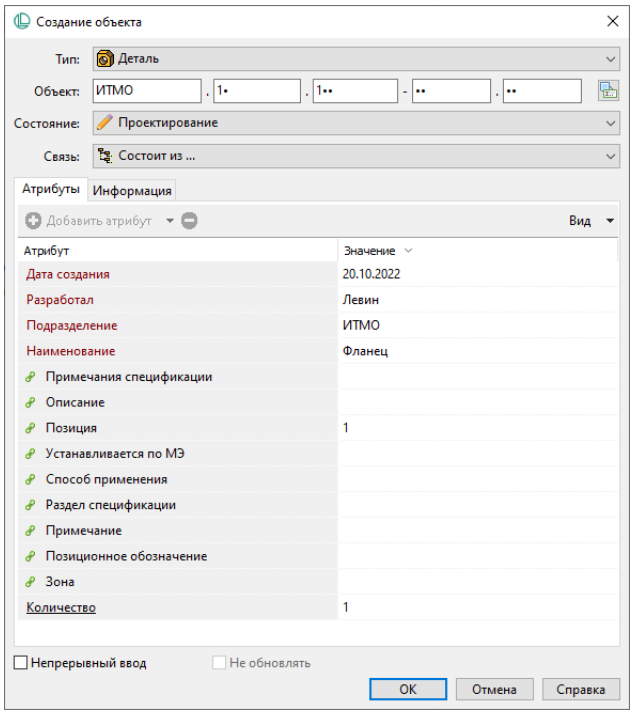


Рис. 2. Диалоговое окно «Создание объекта» (Деталь)

Остальные детали добавляются аналогичным образом.

В создаваемую структуру следует добавить 3D-модели сборки и деталей. Для этого:

1. В дереве выбрать объект (Сборочная единица или Деталь).
2. Вызвать контекстное меню.
3. В появившемся контекстном меню выбрать пункт «Создать», из выпадающего меню которого выбрать пункт «Объект».

Для добавления стандартного изделия:

1. Открыть диалоговое окно создания объекта.
2. В строке «тип объекта» выбрать «Стандартное изделие».
3. Нажать выделенную кнопку, представленную на рисунке 3.

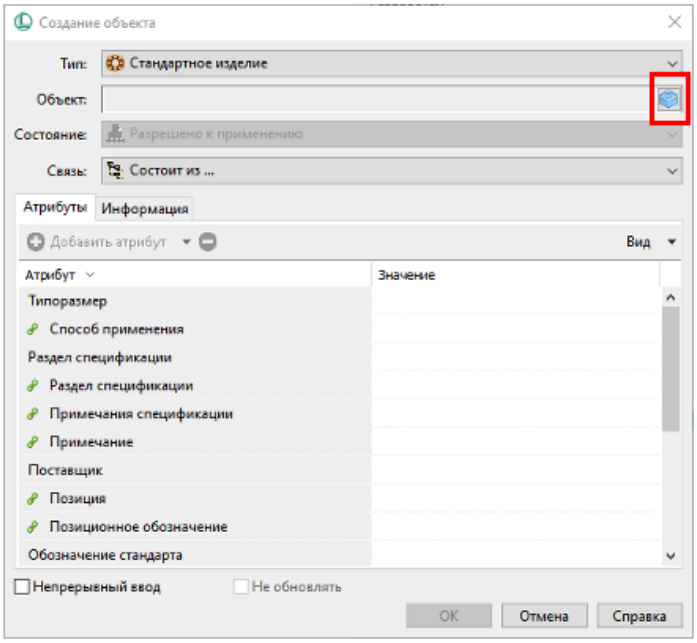


Рис. 3. Добавление стандартного изделия

Откроется справочник Полином:MDM, где необходимо выполнить следующую последовательность действий:

1. В поисковой строке ввести номер ГОСТа стандартного изделия.
2. Выбрать необходимый типоразмер изделия (рис. 4).
3. Подтвердить выбор, нажав кнопку «Выбрать».

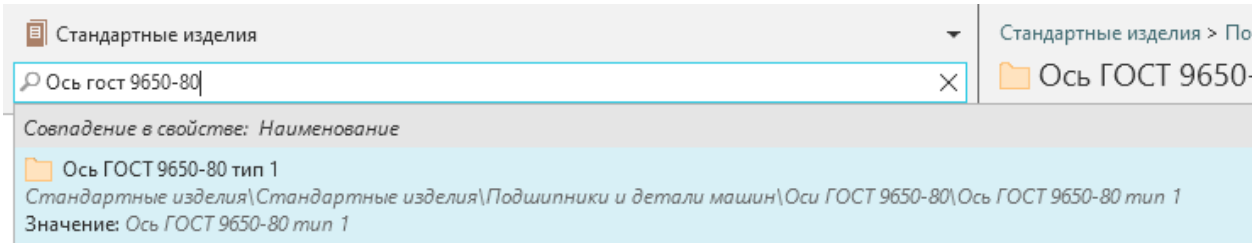


Рис. 4. Поиск элемента Ось

После этого данные из справочника Полином:MDM загружаются в систему Лоцман:PLM и нажатием кнопки «ОК» следует окончательно подтвердить добавление стандартного изделия в создаваемую структуру.

Таким образом, в сборочные единицы необходимо добавить: детали, стандартные изделия [3], 3D-модель сборочной единицы, а в детали – материал, 3D-модель детали.

В итоге создается структура изделия, которая схожа с представленной ниже (рис. 5).

Ключевой атрибут	Наименование	Количество	Позиция
Лабораторная работа	—		—
ИТМО.000001., версия 1.0	Люк		—
ИТМО.000001. ЭСБ, версия 1.0			—
ИТМО.000001.7, версия 1.0	Винт натяжной	1	7
.000007. МД, версия 1.0	Электронная модель детали		—
Сталь 8 ГОСТ 1050-88	—		—
ИТМО.000001.8, версия 1.0	Серьга	1	8
ИТМО.000001.1, версия 1.0	Фланец	1	1
ИТМО.000001.2, версия 1.0	Крышка	1	2
ИТМО.000001.3, версия 1.0	Ось	1	3
ИТМО.000001.4, версия 1.0	Скоба	1	4
ИТМО.000001.5, версия 1.0	Вороток	1	5
ИТМО.000001.6, версия 1.0	Ушко	1	6
Ось 1-28 h8x70.Ст2 ГОСТ 9650-80	—	1	9
Штифт 2.6x65 ГОСТ 3128-70	—	1	10

Рис. 5. Добавление в объект «Винт натяжной» в структуре изделия его электронной модели и материала

На основе проделанной работы разработана методика создания структуры изделия:

1. Создать проект.
2. Присвоить объекту статус «В работе».
3. Создать объект «Сборочная единица» согласно спецификации.
4. Внутри объекта «Сборочная единица» необходимое количество раз создать объект «Деталь» согласно спецификации.
5. Внутри объекта «Сборочная единица» необходимое количество раз создать объект «Стандартное изделие» согласно спецификации.
6. Внутри объекта «Сборочная единица» необходимое количество раз создать объект «Сборочная единица» (при наличии в спецификации).

Результатом проведенной работы является методическое пособие для выполнения лабораторной работы по разработке структуры изделия в Лоцман:PLM, включающее соответствующую методику, а также подготовленные варианты исходных данных и образец выполнения лабораторной работы на примере изделия «Люк».

Список использованных источников

1. ГОСТ Р 15.201–2000 Система разработки и постановки продукции на производство. Продукция производственно-технического назначения. Порядок разработки и постановки продукции на производство. – М.: Стандартинформ. 2000. 10 с.
2. Руководство пользователя ЛОЦМАН: PLM. 2020. 720 с.
3. ГОСТ 2.101–2016 Единая система конструкторской документации. Виды изделий. – М.: Стандартинформ. 2018. 11 с.

УДК 004.5

СРАВНЕНИЕ ИНТЕРФЕЙСОВ ДЛЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ELECTROSENS И PSTRACE

Мажекенова С.А.[1] *(студент)*

Научный руководитель – кандидат философских наук, доцент Смолин А.А.[1]

[1]Университет ИТМО

e-mail: snezhana-mazhekenova@yandex.ru

Работа выполнена в рамках темы НИР №620164 «Методы искусственного интеллекта для киберфизических систем»

Работа посвящена изучению пользовательского взаимодействия в программах для электрохимических исследований. — ElectroSens (ИТМО) и PSTrace (голландский аналог). Был разработан прототип интерфейса приложения ElectroSens, затем проведен его сравнительный анализ с голландским аналогом. Во время эксперимента респонденты проходили одинаковый пользовательский сценарий в одном из двух приложений. Тест Манна-Уитни показал, что задача решается быстрее в интерфейсе приложения ElectroSens, в нём же совершается меньше ошибок.

Ключевые слова
UX-исследования, ElectroSens, проектирование интерфейсов, юзабилити-тестирование.

Научно-образовательным центром инфохимии Университета ИТМО была разработана электрохимическая платформа ElectroSens для определения цинка в крови и моче. Она состоит из электрохимической сенсорной платформы (система на основе трех электродов CF, комплект для предварительной обработки образцов и потенциостат), программного обеспечения для смартфона на базе Android и облачной системы хранения данных. Потенциостат отправляет данные на смартфон по Bluetooth для обработки данных, а затем данные собираются в облачной базе данных MongoDB [1]. Такая платформа перспективна для широкого спектра анализов. Сейчас ведётся работа по расширению состава определяемых веществ и созданию программного обеспечения для использования платформы в бытовых и лабораторных условиях. В рамках этой работы в полной мере не было возможности оценить эффективность взаимодействия пользователя с интерфейсом программного обеспечения. Однако разработка эффективного интерфейса для разных групп пользователей этого ПО — один из ключевых этапов тестирования и вывода подобных продуктов на рынок, поэтому было принято решение провести масштабное междисциплинарное исследование по этой тематике.

На данный момент юзабилити-исследований подобных платформ не было найдено, поэтому рассматривалась методология из смежной области — медицины. Однако и в этой сфере UX-исследования только начинают развиваться [2, 3].

Что касается приложений-аналогов в сфере электрохимии, существует только один похожий на ElectroSens продукт — голландская программа PSTrace и связанное с ней мобильное приложение PSTouch [1], которые являются дорогостоящими программами и не предназначены для широкого круга пользователей. Небольшое тестирование приложения PSTouch выявило ряд неудобств для респондентов, а именно:

1) контейнер с графиком слишком узкий, сложно отследить полярные значения;
2) необходимо переключаться между вкладками «Метод» и «График»;
3) нужна история тестов с фильтрацией, желательно хранящаяся прямо в приложении без необходимости постоянно выгружать;
4) непонятно, по какому принципу добавляются новые вкладки;

5) неудобно двигать «бегунок» в настройках;
6) неочевидная иерархия элементов в навигации.

Качественные исследования показали, что для пользователя важны: возможность быстрой интерпретации результатов тестов, наглядность и визуальная поддержка, возможность вернуться к результатам предыдущих исследований. Результаты качественных исследований оформлены на карте ценностного предложения (рис. 1).

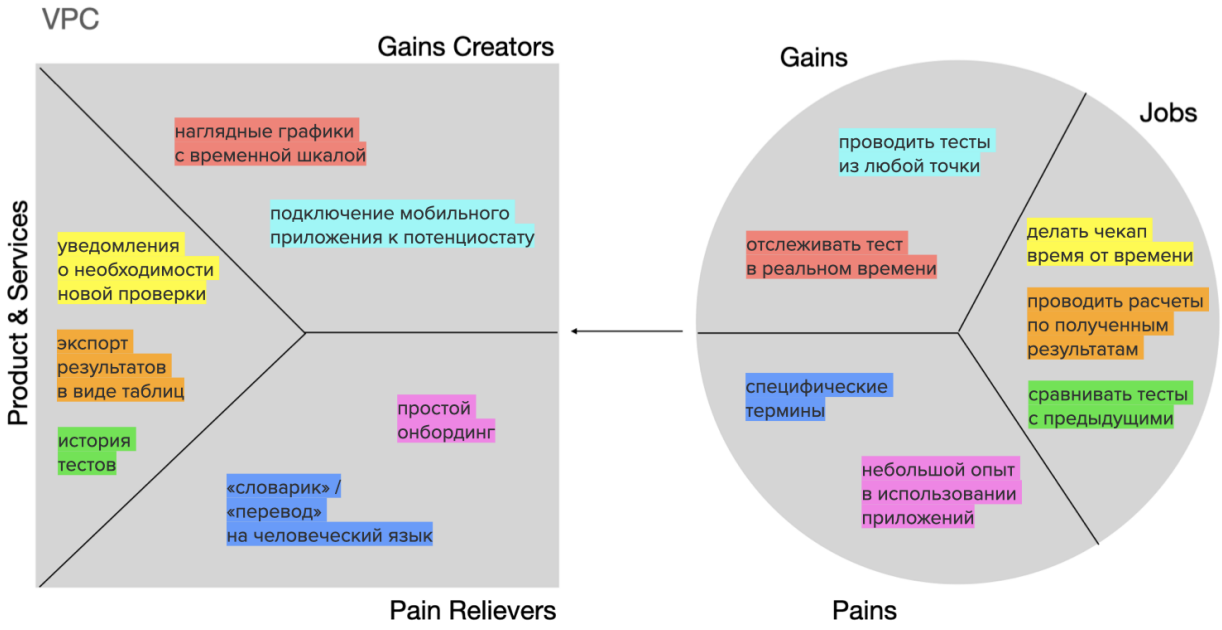


Рис. 1. Value proposition canvas

Выявленные особенности помогли спроектировать несколько экранов будущего приложения ElectroSens и провести сравнительный анализ двух платформ. С помощью сервиса Figma были подготовлены интерактивный прототип приложения PSTouch и интерактивный прототип приложения ElectroSens (рис. 2, 3), чтобы иметь возможность тестировать любого респондента без привязки к операционной системе.

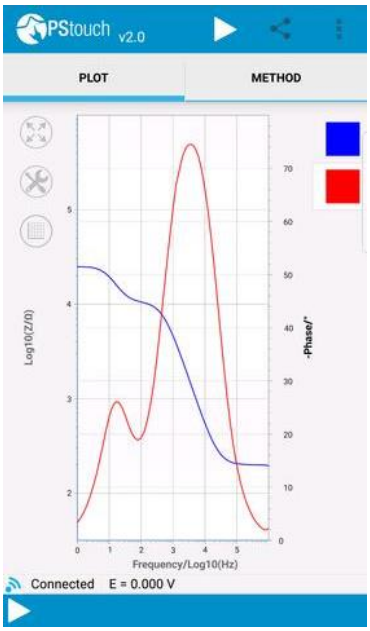


Рис. 2. Прототип приложения PSTouch

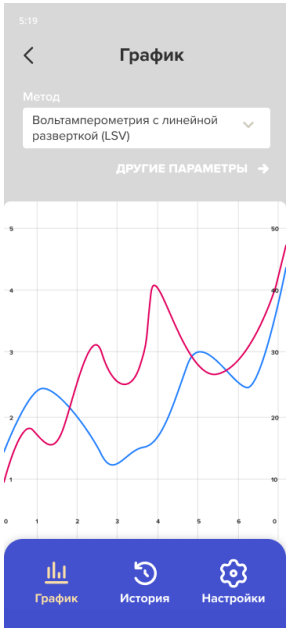


Рис. 3. Прототип приложения ElectroSens

Предполагалось, что при использовании приложения ElectroSens пользователи будут выполнять задачи эффективнее. В качестве критериев, демонстрирующих эффективность использования приложения, были выбраны два показателя: количество затраченного времени и совершенных ошибок по ходу выполнения пользовательского сценария, так как оба этих критерия важны при работе пользователя в лаборатории. В качестве рандомизированной переменной в данном эксперименте был способ выполнения пользовательского сценария: с использованием приложения PSTouch или ElectroSens. Выбор, какое приложение будет использовать респондент, определялось случайным образом.

В качестве респондентов выступили студенты химических специальностей и сотрудники химических лабораторий. Респондент получал инструкцию от исследователя и ссылку на один из двух прототипов. Перед выполнением задания пользователю также было необходимо начать запись экрана со звуком перед выполнением задания. Пользовательский сценарий состоял из нескольких действий: загрузка данных из папки, изменение вида графика, добавление на график точек и просмотр их значений, изменение метода измерения, просмотр описания этого метода, экспорт полученных данных. Приложения использовались в тестовой версии, без подключения к потенциостату.

Когда респондент считал, что он успешно завершил задание, он должен был остановить запись экрана и отправить полученное видео исследователю. Все видеозаписи обрабатывались вручную.

Измеряемыми переменными были время, затраченное на выполнение сценария, и количество совершенных при этом ошибок. Эксперимент проводился на 68 респондентах.

Для большей наглядности полученных данных были построены диаграммы «ящик с усами» для двух независимых выборок (рис. 4, 5).

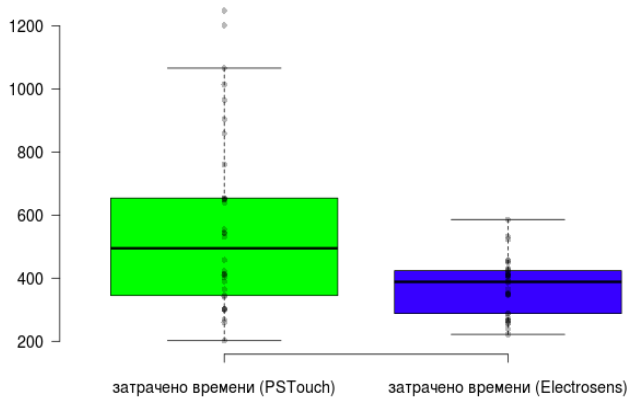


Рис. 4. Влияние используемого приложения на время решения задачи

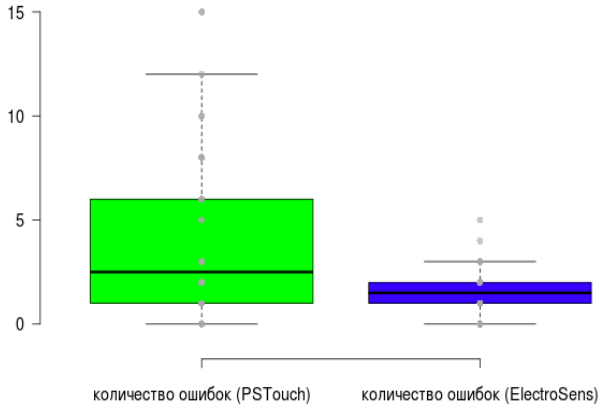


Рис. 5. Влияние используемого приложения на количество ошибок

Для каждой гипотезы были рассчитаны p-value по критерию Манна-Уитни. Уровень вероятности групповой ошибки FWER было выбран 1%. Результаты расчета требуемого уровня значимости с учетом поправки Холма-Бонферрони при наличии двух гипотез представлены в таблице.

Таблица

Уровень значимости и p-value для каждой гипотезы

№	Нулевая гипотеза	P-value	α
1	Изменения в интерфейсе не влияют на скорость решения задачи, а все фиксируемые различия объясняются случайным разбросом	0,1439%	1% / 2 = 0,5%
2	Изменения в интерфейсе не влияют на количество ошибок, а все фиксируемые различия объясняются случайным разбросом	0,5677%	1% / 1 = 1%

Тест Манна-Уитни на 68 респондентах показал, что задача решается быстрее в интерфейсе ElectroSens (медиана 388,5 секунд, 99% доверительные интервалы 288 – 424 секунд), чем в интерфейсе PSTouch (медиана 495 секунд, 99% доверительные интервалы 345 – 654 секунд): U = 334,5, Z = –2,98, p-value = 0,144% при левосторонней проверке с поправкой на непрерывность. Фактическая мощность при n = 68 для конкурирующей гипотезы, оцененной по пилотным данным при α = 0,5% составляет 62,73% (β = 37,27) при односторонней проверке. Визуализация посчитанных интервалов представлена на рисунке 6.

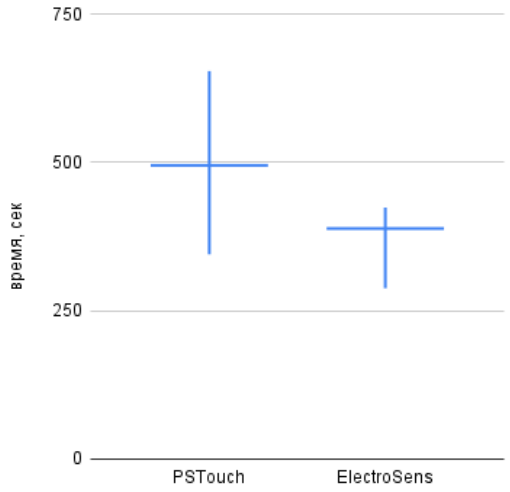


Рис. 6. Доверительные интервалы для медианного времени решения задачи

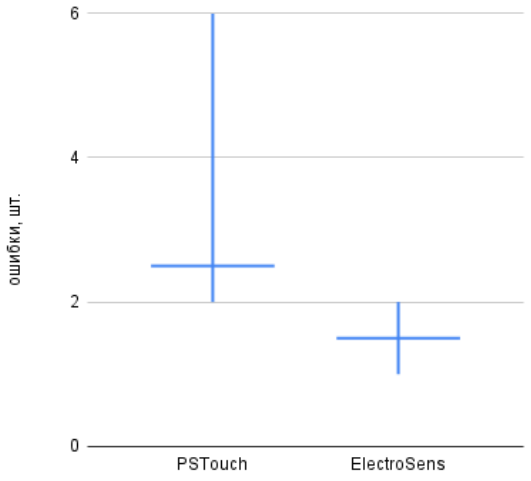


Рис. 7. Доверительные интервалы для медианного времени решения задачи

Для проверки второй гипотезы также был проведен тест Манна-Уитни на 68 респондентах. Он показал, что в интерфейсе ElectroSens ошибок совершается меньше (медиана 1,5 ошибки, 99% доверительные интервалы 1–2 ошибки), чем в интерфейсе PSTouch (медиана 2,5 ошибки, 99% доверительные интервалы 2–6 ошибок): U = 352, Z = -2,765, p-value = 0,284% при левосторонней проверке с поправкой на непрерывность. Фактическая мощность при n = 68 для конкурирующей гипотезы, оцененной по пилотный данным при α = 1% составляет 90,03% (β = 9,97) при односторонней проверке. Визуализация посчитанных интервалов представлена на рисунке 7.

Тест Манна-Уитни показал, что задача решается быстрее в интерфейсе приложения ElectroSens, в нём же совершается меньше ошибок. В дальнейшем планируется продолжить работу по исследованию и улучшению пользовательского взаимодействия и провести эксперимент на более широкой аудитории и задействовать новые пользовательские сценарии, так как устройство будет использоваться в том числе для самодиагностики здоровья.

Список использованных источников

1. Nikolaev K. et al. ElectroSens Platform with a Polyelectrolyte-Based Carbon Fiber Sensor for Point-of-Care Analysis of Zn in Blood and Urine // ACS Omega. 2020. Т. 5. №. 30. С. 18987–18994. https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acsomega.0c02279.
2. Bitkina O., Kim H.K., Park J. Usability and user experience of medical devices: An overview of the current state, analysis methodologies, and future challenges // International Journal of Industrial Ergonomics. 2020. Vol. 76. https://doi.org/10.1016/j.ergon.2020.102932.
3. Willis A. UX for healthcare: what you need to know before you start // User Experience Magazine. 2014. №. 14(3). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://uxpamagazine.org/ux-for-healthcare/ (дата обращения: 01.03.2023).

УДК 004.514

РЕДИЗАЙН СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ПРОХОЖДЕНИЯ ДИСТАНЦИОННЫХ ЭКЗАМЕНОВ ITMOPROCTOR

***Малькив А.О.*[1] *(студент),* *Балканский А.А.*[1]**

***Научный руководитель – старший преподаватель Балканский А.А.*[1]**

[1]*Университет ИТМО*

e-mail: malkiv_angelina@mail.ru

В работе рассматриваются предпосылки и результаты редизайна системы прокторинга Университета ИТМО – ITMOproctor. Представлены результаты эксперимента по сравнению эффективности использования старой и новой версии интерфейса протокола онлайн-экзамена. Подчеркнуты особенности систем прокторинга, как вида интерфейсов и описаны концептуально новые решения, внедряемые в систему.

Ключевые слова
Прокторинг, редизайн интерфейсов, онлайн-экзамен, пользовательский интерфейс, UI/UX дизайн, протокол экзамена.

Прокторинг (от английского «proctor») – это процедура наблюдения и контроля за дистанционным испытанием/экзаменом. У Университета ИТМО есть своя система прокторинга – ITMOproctor, которой также пользуются другие учебные заведения. С этой системой сталкивается практически каждый студент ИТМО. Система была создана в 2015 году. На волне ограничений пандемии ее преимуществами заинтересовались другие вузы. Сегодня систему используют уже более 10 российских университетов. За 2022 год с помощью ITMOproctor вузы провели более 100 тысяч онлайн-экзаменов. С 2015 года в систему неоднократно добавляли новый функционал, но UI никак не менялся. Никакие UX-исследования также не проводились. В 2022 году, спустя 7 лет после запуска, была поставлена задача провести редизайн системы, но не просто поменять ui, а внести качественные изменения с учетом текущего опыта пользователей.

Системы прокторинга позволяют подтвердить личность учащегося, исключить использование шпаргалок и сторонних программ, а также помочь проктору объективно оценить «чистоту» прохождения экзамена. Механизм прокторинга не получил ещё достаточно широкого применения в настоящее время даже в образовательных организациях высшего образования. Данные опросов показывают, что лишь 39% респондентов, работающих в вузах, имеют представление о механизмах прокторинга, в то время как 61% опрошенных представителей вузов не имели понятия о подобной технологии [1].

Использование систем прокторинга позволяет качественно и эффективно проводить дистанционные испытания разной сложности и длительности, в том числе с помощью интеграции с сервисами онлайн-образования, а также экономит время прокторов и снижает вероятность некачественной проверки экзамена за счет автоматизации. Слушателям, в свою очередь, система позволяет получить подтверждение о прохождении курса или сдать экзамен в любой точке мира. Такой продукт может использоваться не только в вузах, но и в различных компаниях, онлайн-школах и любых ситуациях, в которых необходимо подтвердить достоверность полученных знаний через онлайн-тестирование.

На российском рынке существует несколько систем прокторинга, среди них самыми популярными, помимо ITMOproctor, являются ProctorEdu, Softline и Examus. Системы имеют схожий функционал, но различаются по дизайну и некоторым ux-решениям.

Система ITMOproctor ориентирована, в первую очередь, на работу с ИТМО и другими вузами для проведения вступительных испытаний и экзаменов по онлайн-курсам платформы «Открытое образование». Система транслирует и записывает изображения веб-камеры студента и его рабочего стола и автоматически фиксирует различные нарушения, например отсутствие лица в кадре.

Система прокторинга включает в себя три роли пользователей: администратор, проктор и слушатель. Были проведены глубинные интервью с четырьмя администраторами и тремя прокторами системы. Они позволили выявить проблемы в существующей системе. Важно отметить, что все опрошенные работают с системой ITMOproctor не менее трех лет, что дает возможность уверенно опираться на их мнение. Интервью показали не только, в какие моменты у пользователей возникают трудности при взаимодействии с системой, но и, что не менее важно, каким функционалом они совсем не пользуются.

Были сделаны важные выводы, которые повлекли за собой изменения в дизайне системы. Например, изменение бокового меню и приоритета вкладок, добавление новых тултипов, изменение списка действий в контекстных меню, редизайн сортировки и фильтрации таблиц, изменение механизма выделения строк в таблицах и другие.

Всего необходимо было сделать редизайн более 30 экранов, один из самых важных – протокол экзамена. В процессе редизайна был проведен эксперимент, в рамках которого проводилось исследование пользовательского опыта при взаимодействии с интерфейсом протокола асинхронного экзамена в старой и новой версии дизайна ITMOproctor.

Целью эксперимента было выяснить, какой из вариантов интерфейса позволит наиболее быстро и правильно справляться с проверкой экзаменов, а также будет оценен как более привлекательный и удобный.

В ходе проведения эксперимента респонденты в случайном порядке изучали шесть протоколов (три в старом интерфейсе и три в новом) асинхронных экзаменов и делали выбор – принять или отклонить их. После респонденты оценивали привлекательность и удобство использования обеих версий интерфейса по 10-балльной шкале. В пилотном эксперименте выборка составила 12 человек, в основном – 46. В рамках эксперимента собирались данные о времени принятия решения по каждому из протоколов, субъективная оценка привлекательности и удобства, а также количество «успехов», где «успех» – принятие правильного решения по протоколу экзамена.

По результатам эксперимента было установлено, что в новом интерфейсе протокола экзамена (Б) скорость принятия решения меньше, чем в старом (А) (медиана 162 сек, уровень доверия 99%, ДИ 155-174 сек против медианы 242 сек, 99%, ДИ 222-251 сек): p-value = 0.00000048% (посчитан с помощью теста Уилкоксона: W-критерий = -1051 при 46 ненулевых разностях) при $\alpha = 0{,}01$ при левосторонней проверке.

Тест знаков при 21 успехе из 25 ненулевых разностей показал, что процент успеха в новом интерфейсе (Б) выше, чем в старом (А). Доля успешных испытаний 84%, уровень доверия 98% ДИ по Уилсону 64.82% - 96.38%. p-value = 0.046% при правосторонней проверке. Фактическая мощность при n=25 для конкурирующей гипотезы, оцененной по пилотным данным p1 = 0.143 при $\alpha = 0{,}02$ составляет 94.39% ($\beta = 0.0561$) при односторонней проверке.

На рисунке 1 представлено распределение оценок визуала старого и нового интерфейса респондентами.

По рисункам 1 и 2 можно заметить, что субъективная оценка как визуальной привлекательности, так и удобства, выше у нового интерфейса. Таким образом, можно сделать вывод, что новый интерфейс действительно является более эффективным, чем старый, а значит будет способствовать улучшению процесса проверки асинхронных экзаменов.

На рисунке 2 представлено распределение оценок удобства старого и нового интерфейса респондентами.

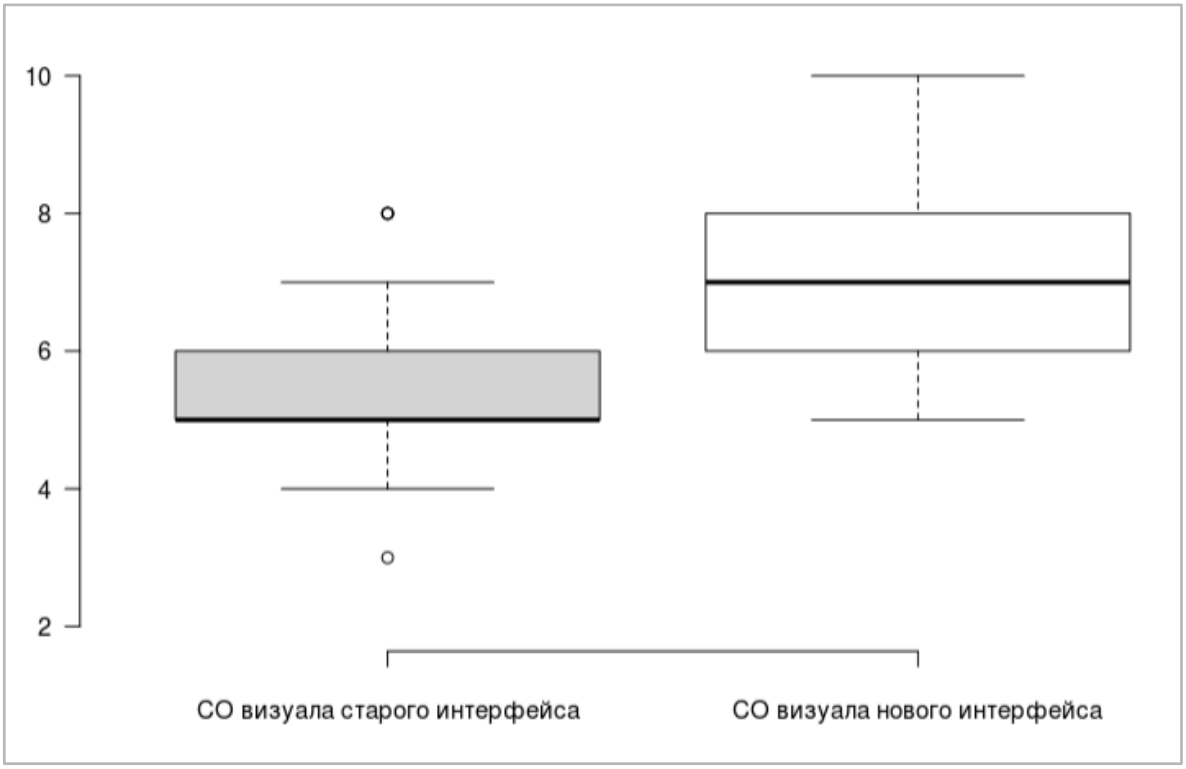


Рис. 1. Диаграмма “Ящик с усами” по распределению оценок визуала видов интерфейса

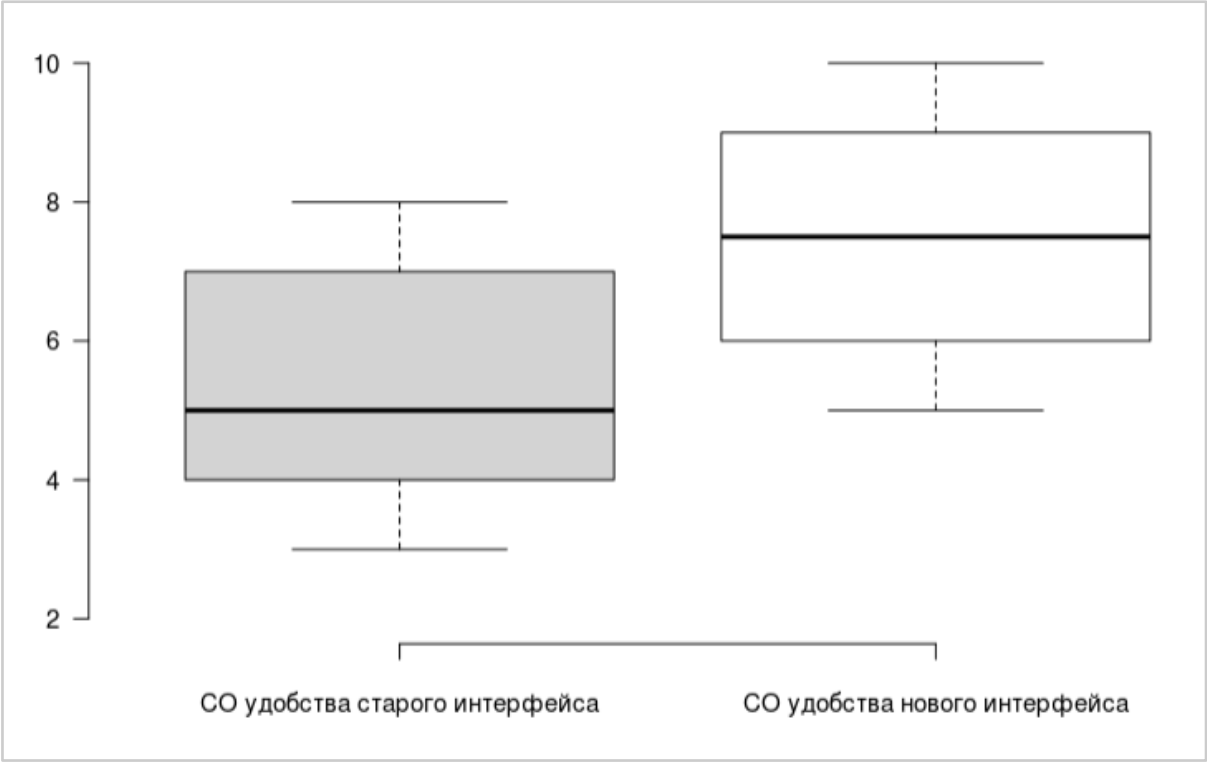


Рис. 2. Диаграмма “Ящик с усами” по распределению оценок удобства использования видов интерфейса

Как показал эксперимент, изменения, внесенные в интерфейс протокола действительно в лучшую сторону, повлияли на эффективность взаимодействия с ним. И с учетом того, что протокол экзамена является неотъемлемой частью системы прокторинга, выводы, сформулированные на основе внесенных изменений, можно принять за рекомендации при проектировании любой такой системы, например, что правила экзамена должны быть выведены на экран, чтобы исключить отклонение по ошибке, когда правила экзамена не совпадают со

стандартными или то, что таймлайн протокола экзамена должен быть гибким, так как экзамены имеют разную продолжительность, и важно дать проктору возможность оценить экзамен как комплексно, так и точечно.

Важной новой деталью в интерфейсе стал так называемый «Рейтинг доверия» к студенту. На этапе проведения эксперимента выставлялся примерный рейтинг, так как итоговая формула еще не утверждена. Предполагается, что при подсчете рейтинга будут, так или иначе, учитываться:

- количество и успешность уже пройденных студентом экзаменов;
- количество отдельно зафиксированных нарушений в текущем экзамене;
- общая доля нарушений;
- разные виды нарушений с разным весовым коэффициентом;
- системные сообщения о подключении сторонних программ, мониторов и прочее.

Данный показатель позволит проктору более объективно подходить к принятию решений по экзаменам и будет указывать на протоколы, которые требуют к себе большего внимания.

Таким образом, в рамках редизайна системы ITMOproctor была создана дорожная карта исследования с описанием планов проведения ux-исследования с помощью различных методов. Были проанализированы существующие системы прокторинга, а также проведены глубинные интервью с администраторами и прокторами ITMOproctor. Был проведен эксперимент по оценке эффективности, визуальной привлекательности и удобства нового интерфейса по сравнению со старым. Полученные результаты были статистически обработаны, поставленные гипотезы получили статистическое подтверждение.

В дальнейшем планируется продолжать работу над редизайном системы ITMOproctor, в том числе с учетом выводов уже проведенных исследований, а также провести остальные запланированные в дорожной карте исследования.

Список использованных источников

1. Мамина Р.И., Пирайнен Е.В. Значение онлайн-образования для репутации образовательного заведения // Современное образование: содержание, технологии, качество. 2022. Т. 1. С. 234–237.
2. Добровинский Д.С., Ловецкий И.В., Попов М.А. Прокторинг как инструмент развития дистанционного образования // Научно-техническое и экономическое сотрудничество стран АТР В XXI веке. 2018. №. 5. С. 27–32.
3. Лаврёнов А.Н. Прокторинг как инструмент обучения // Управление в социальных и экономических системах. 2020. №. 29. С. 40–42.
4. Горячкина А.Ю., Корягина О.М., Горюнова И.А. Использование системы прокторинга «Экзамус» в период дистанционного обучения в МГТУ им. Н.Э. Баумана // Главный механик. 2022. №. 3. С. 208–214. DOI: 10.33920/pro-2-2203-05.
5. Фролов Ю.Н., Габышева Л.К., Кузнецов М.Б. Прокторинг как условие повышения качества онлайн-образования // Образование и качество жизни. 2022. №. 3(29). С. 42–51.

УДК 004.925

ОЦЕНКА ОСВЕЩЕННОСТИ 3D СЦЕН НА ОСНОВЕ СРАВНЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ КАРТ

***Меженин А.В.*[1]**

[1]*Университет ИТМО*

e-mail: mejenin@mail.ru

Рассматриваются вопросы оценки качества освещения компьютерных 3D-сцен с использованием различных систем освещения. Качественное освещение повышает реалистичность, погружение и улучшает восприятие формы, цвета и фактуры объектов на изображении. Существующие инженерно-профессиональные программы расчета освещения плохо подходят для дизайнерских, художественных решений или игровых сцен. Для получения объективных оценок освещенности предлагается использовать метрики оценки качества систем рендеринга. Особое внимание уделено использованию такого инструмента, как тепловые карты. Их визуальный анализ по оттенку или интенсивности помогает сравнивать и оценивать качество освещения сцен. Однако такое сравнение не дает кумулятивной оценки. Возможное решение состоит в том, чтобы рассматривать тепловые карты как изображения и использовать их в качестве основы для обобщенной тепловой карты для получения единой кумулятивной статистики. Для создания обобщенной тепловой карты предложено несколько способов построения разностной матрицы на основе методов нормализации. Предлагаемый подход реализован в виде приложения-прототипа. Эксперименты проводились на тестовых сценах с разными системами освещения. Обобщенные тепловые карты позволили получить кумулятивные оценки сравнения различных подходов к освещению и выявить области, наиболее чувствительные к изменению освещенности. Предлагаемый подход к оценке освещенности при постановочном освещении может быть использован для повышения реалистичности визуализации при 3D-моделировании.

Ключевые слова
Облака точек, плотность распределения, ядерная оценка плотности, области интереса, 3D Point Cloud, алгоритм, LiDAR.

Постановка источников света в компьютерной графике играет очень важную роль, особенно для получения фотореалистичных изображений смоделированных 3D-сцен и в системах виртуальной реальности [1]. Качественное освещение повышает реалистичность, погружение и улучшает восприятие формы, цвета и фактуры объектов на изображении. Использование оценки освещенности позволяет получить лучшие результаты. Существуют разные методы оценки качества освещения моделируемых сцен – субъективные и объективные [2]. Для объективных оценок используются различные метрики – стандартное отклонение, отношение сигнал/шум, индекс структурного сходства (SSIM – метрика индекса структурного сходства). Кроме того, для измерения уровней освещенности в программах 3D-моделирования используются различные инструменты, например Exposure Control, с помощью которого формируется тепловая карта для оценки уровней освещенности в разных частях сцены. Оценка производится на основе визуального сравнения. Однако такое сравнение не дает кумулятивной оценки [3, 4]. Возможное решение — рассматривать тепловые карты как изображения и на их основе строить обобщенную тепловую карту для получения единой сводной статистики. Этот подход может служить основой для разработки более эффективных инструментов оценки и сравнения. На основе сравнения тепловых карт предлагается производить оценку освещенности в 3D-сценах. Для создания тепловых карт предложено несколько способов построения разностной матрицы на основе методов нормализации.

Вопросы оценки качества освещения сцены, рассматриваемые в работе, основаны на оценке качества систем рендеринга [4]. Сравнение систем рендеринга чаще всего проводят на нескольких сценах, которые выбираются случайным образом — это препятствует глубокому

анализу характеристик стабильности рендеринга для различных сценариев, включая массивную геометрию, оптически сложные материалы, сложное освещение, наличие трудно вычисляемых световых явления [5].

В статье [4] предлагается использовать значения уровней шума на разных итерациях рендеринга для прогрессивных систем рендеринга. Уровень шума рассчитывается на основе статистического (среднеквадратического) отклонения уровней тонов изображения Standard Deviation (Std. Dev.) (рис. 1). По мнению авторов, предлагаемый метод оценки уровня шума в тенях позволяет изучить и сравнить результаты визуализации на количественном уровне и провести определенное сравнение качества различных систем. Однако не совсем справедливо судить о качестве рендерера только по шуму в тенях, кроме того, такой подход влияет на качество рендеринга световых лучей при равных настройках.

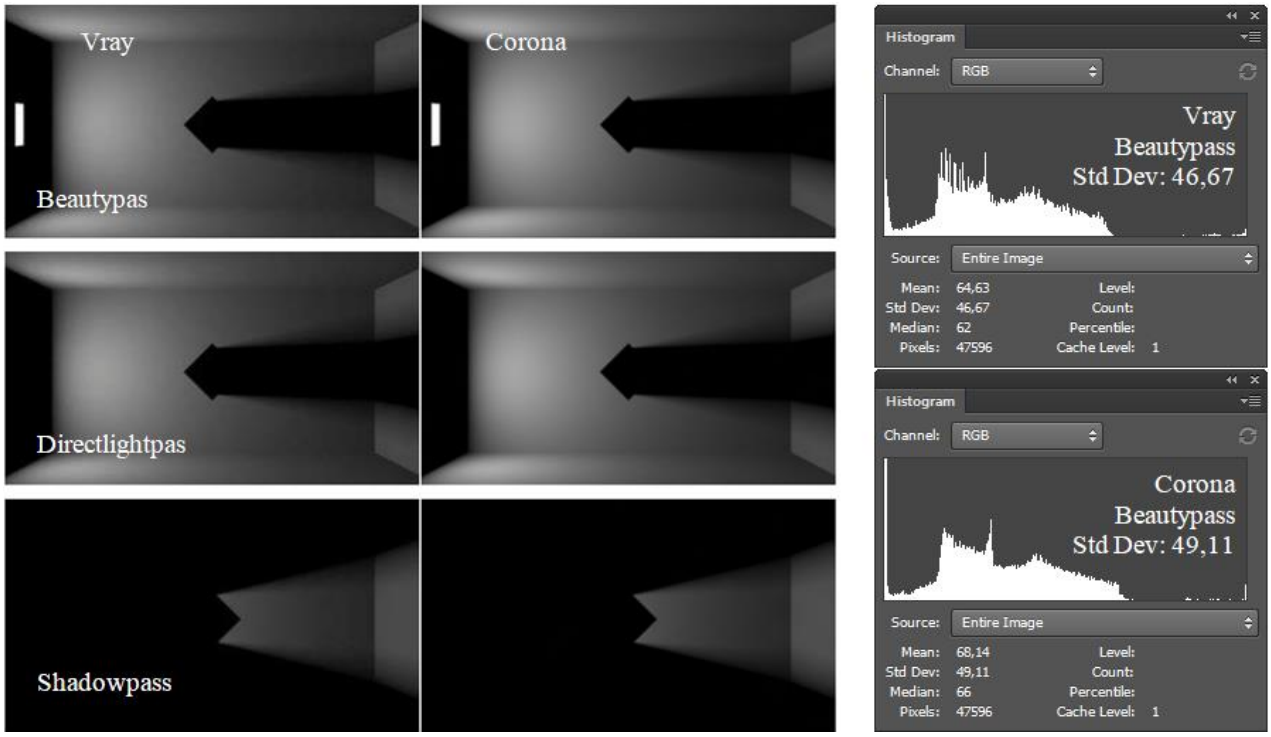


Рис. 1. Уровень шума для визуализаторов Vray и Corona

Рассмотрим основные методы оценки качества изображений и визуализаций, которые можно использовать для оценки визуального восприятия освещенности 3D-сцен. Одним из популярных методов получения оценки качества изображения является оценка респондентами тестовых сцен. Метод крайне субъективен, трудно определить, насколько качественно была выполнена цифровая обработка изображения. Одним из наиболее объективных и простых методов технической оценки качества изображения является стандартное отклонение (СКО). Возьмем два изображения A и B. При таком подходе эти изображения представляют собой просто набор пикселей: $A = \{a_i, i = 1, 2, \ldots, n\}$, $B = \{b_i, i = 1, 2, \ldots, n\}$, где n — количество пикселей в изображении, а a_i и b_i — интенсивность i-го пикселя в изображениях. При этом, если изображение представляет собой RGB-изображение, то каждый пиксель представляет собой набор из трех чисел — интенсивности каждого цвета, и для составления СКО необходимо свести к одному числу, например, вычислив среднее значение с помощью формула:

$$a_{icp} = \sum_{j=1}^{3} a_{i,j}\,, \tag{1}$$

где $a_{i,j}$ – интенсивность одного из цветов (RGB). Эта интенсивность зависит от разрядности изображения, например, если изображение имеет разрядность 8 бит, то интенсивность одного пикселя будет лежать в диапазоне от 0 до 255 (2-8-1). Используя представление изображения,

описанное выше, можно определить стандартное отклонение. Допустим, А — это исходное изображение, «эталон», с чем нужно сравнивать, а Б — это изображение, которое сравнивается и качество которого необходимо оценить. Тогда RMS определяется следующим образом:

$$MSE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(a_i - b_i\right)^2. \quad (2)$$

При такой оценке в области сравнения изображений часто используют показатель качества – пиковое отношение сигнал-шум (peak signal-to-noise ratio или PSNR) [5]:

$$PSNR = 10\log_{10}\left(\frac{MAX_I^2}{MSE}\right), \quad (3)$$

где MAX_I – максимально возможное значение яркости пикселя изображения. Однако никак не учитывается взаимное расположение пикселей и не учитывается конкретный размер изображения, по сути, просто сравниваются наборы чисел. Поэтому этот метод не подходит для оценки визуализации.

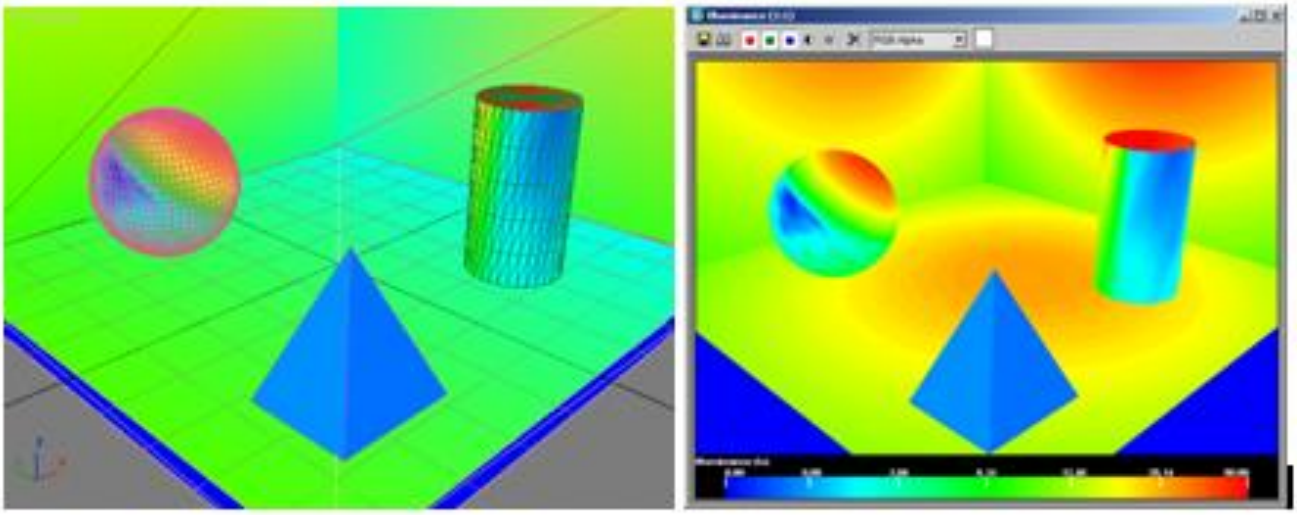
Метод SSIM (индекс структурного сходства) является одним из методов измерения сходства между двумя изображениями. При применении индекса SSIM качество измеряется на основе исходного изображения (не сжатого и без искажений). Этот показатель сложнее, чем MSE (среднеквадратичная ошибка) и PSNR (пиковое отношение сигнал/шум). Таким образом, преимущество SSIM заключается в том, что метод учитывает «восприятие ошибки» за счет учета структурного изменения информации. Поскольку пиксели сильно связаны между собой, особенно когда они пространственно близки, эта зависимость несет информацию о структуре объектов и о сцене в целом.

$$SSIM\left(x, y\right) = \frac{(2\mu_x\mu_y + c1)(2\sigma_{xy} + c2)}{(\mu_x^2 + \mu_y^2 + c1)(\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + c2)}, \quad (4)$$

где μ_x – среднее значение x, μ_y – среднее значение y,
σ_x^2 – дисперсия x,
σ_y^2 – дисперсия y,
σ_{xy} – ковариация x и y,
c1 = (k1L)2,
c2 = (k2L)2 – две переменные, динамический диапазон пикселей 2(бит на пиксель) – 1,
k1 и k2 — константы.

Тепловая карта — это метод визуализации данных, который показывает масштаб явления в виде цвета в двух измерениях. Цветовая гамма оттенка или интенсивности тепловой карты может показать, как определенная система сгруппирована или изменена на изображении. На рисунке 2 показан инструмент измерения освещенности сцены 3DS Max. Цветовые переходы от синего к красному показывают освещенность объектов в сцене. Основными преимуществами метода сравнения двух тепловых карт перед другими методами являются простота расчетов и краткость – создается единая тепловая карта. Визуальное сравнение разницы отношений более четко выделяет резкие различия между очень похожими распределениями, в то время как простое различие более характерно для общих изменений.

Сравнение тепловых карт может стать основой для разработки более совершенных инструментов оценки и сравнения. Используемые методы могут быть расширены как с точки зрения удобства использования (насколько хорошо визуальное представление), так и с точки зрения применимости к различным сценариям.



a) b) c) d)

Рис. 2. Результаты расчетов освещенности

Предлагаемый подход

Считываемое изображение представляется в виде двумерных массивов (матриц) чисел. Если изображение трехцветное (RGB-изображение), то оно считывается в формате трехмерного массива, который фактически представляет собой набор из трех матриц. Чтобы преобразовать изображение RBG в оттенки серого, вам необходимо рассчитать яркость одного конкретного пикселя в изображении в градациях серого, используя следующую формулу:

$$Y' = \mathrm{aR} + \mathrm{bG} + \mathrm{cB}, \tag{5}$$

где R, B, G – интенсивности пикселей трехцветного изображения в палитре RGB из трехмерного массива интенсивностей,

a, b, c – специальные коэффициенты, сумма которых должна быть равна 1.

Наиболее точное восприятие относительной яркости красного, зеленого и синего в виде оттенков серого для человека передаются следующими коэффициентами: a = 0,226, b = 0,702, c = 0,072. Теперь, после того как осуществлен переход в математическое пространство и появилась возможность работать с матрицами, появляется возможность составить матрицу разностей. В простейшем случае такая матрица разностей представляет собой просто вычитание из одной матрицы в другую. Но этот вариант не подходит для составления тепловых карт, так как в такой матрице отрицательные (положительные) значения могут находиться на достаточно большом расстоянии друг от друга. Формула для составления такой матрицы n*m выглядит следующим образом:

$$D_{i,j} = A_{i,j} - B_{i,j}, i = 0..n, j = 0..m, \tag{6}$$

где $A_{i,j}$ и $B_{i,j}$ – интенсивности пикселей (i, j) на первом и втором сравниваемых изображениях соответственно, а D – результирующая матрица случайностей, имеющая тот же вид, что и исходные изображения. Так, например, если интенсивность одного пикселя изображения равна 10, а другого 200, то их разница будет -190. При этом, если все остальные разности намного меньше и находятся в районе 0, то изображение разностей не будет показательным.

Для тестирования программы использовались изображения – исходная фотография и изображение, полученное в результате коррекции освещения (рис. 3).

Таким образом, предлагаемое авторами решение основано на построении матрицы различий с визуализацией этой матрицы на основе адаптивной цветовой шкалы. Далее рассматриваются предложенные варианты построения разностной матрицы.

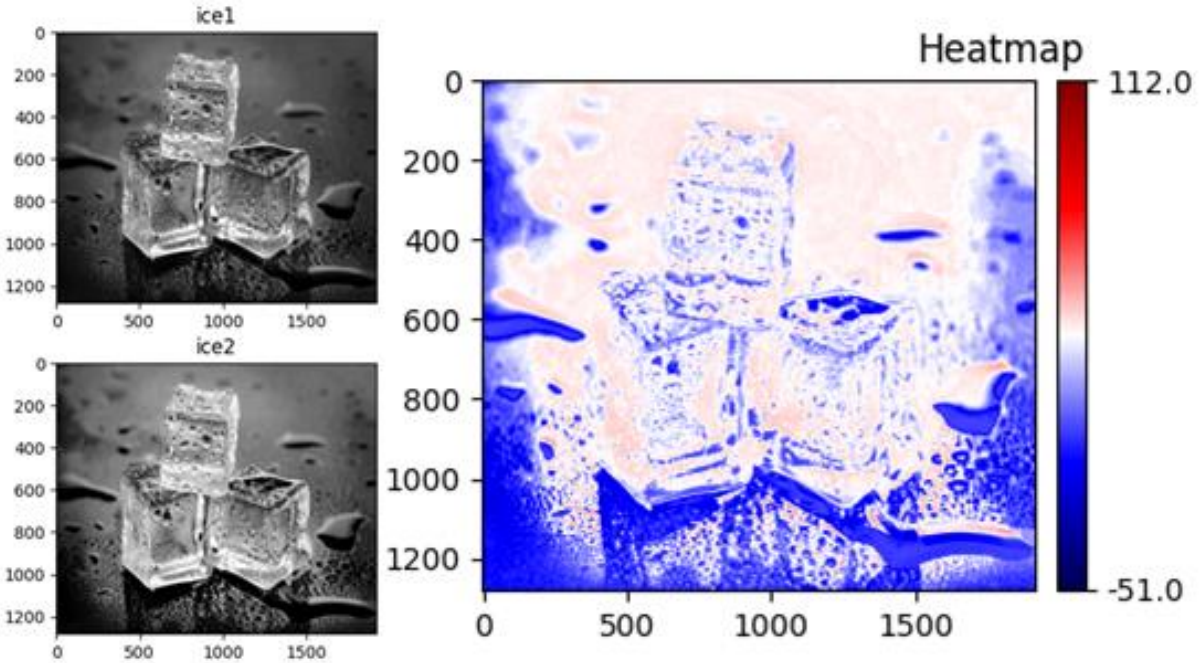


Рис. 3. Результаты построения тепловой карты

A. Алгоритм с нормализацией среднего отклонения. Этот подход является одним из очевидных способов построения разностной матрицы с нормализацией. Суть ее заключается в вычитании из одной матрицы другой по модулю. Затем применяется нормализация, чтобы можно было выделить процентную шкалу. В этом методе нормализация работает так – находится максимальная интенсивность в результирующей матрице, затем каждый элемент матрицы делится на этот максимум и умножается на разрядность изображения, а точнее на максимально возможную интенсивность (например, на 255, если изображение 8-битное).

B. Суммарная матрица. У предыдущего метода есть проблема, в нем нормализация происходит относительно глобального максимума всей матрицы. Текущий метод предлагает взять определенные пиксели и нормализовать их по отношению к их сумме. Затем каждый элемент разностной матрицы делится на соответствующий ему элемент из матрицы суммы. В итоге формула получения разностной матрицы n*m выглядит следующим образом:

$$D_{ij} = \frac{|A_{ij} - B_{ij}|}{A_{ij} + B_{ij}}, i = 0..n, j = 0..m. \quad (7)$$

Этот метод фокусируется на областях с большей разницей в интенсивности. Так что чем темнее пиксель, тем меньше значение его интенсивности в матрице и, следовательно, сумма меньше, но разница с другим пикселем больше, если он, наоборот, светлый. При таком подходе при сравнении ярких пикселей с яркими или темных с темными значения в разностной матрице будут намного меньше, чем если бы эти пиксели были разной яркости.

C. Относительная разница в интенсивности пикселей. В этом методе берется интенсивность пикселя одного изображения и делится на интенсивность другого, после чего из этого отношения берется логарифм. В этом случае возникает ситуация, когда интенсивность равна нулю. Чтобы избавиться от таких пикселей, для обоих изображений используется смещение. Формула смещения:

$$Y_{ij} = \frac{X_{ij} + 1}{S + M*N}, \quad (8)$$

где X_{ij} и Y_{ij} – яркость одного пикселя, S – сумма всех яркостей изображения, $M*N$ – размер изображения. После выполнения сдвига для обоих изображений составляется матрица различий по формуле:

$$D_{ij} = log\left(\frac{B_{ij}}{A_{ij}}\right), \ i = 0..M, \ j = 0..N. \quad (9)$$

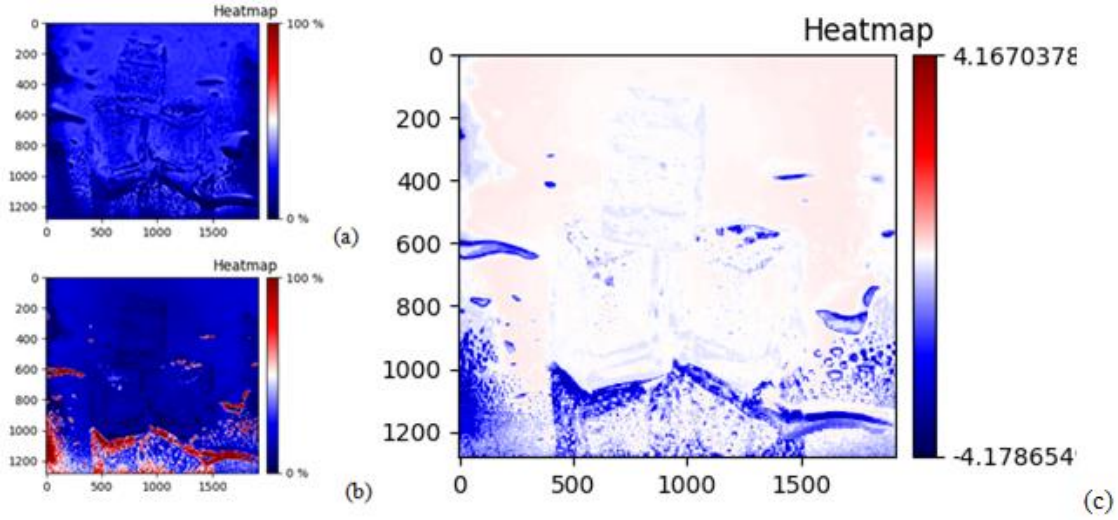


Рис. 4. Алгоритмы normalization (a), sum matrix (b), relative difference (c)

Тепловая карта, полученная этим методом, аналогична карте, полученной при обычном вычитании, но в данном случае она используется с логарифмическим масштабом, что свидетельствует об увеличении порядка величины различия. Таким образом, можно обнаружить тонкие различия между очень похожими изображениями. На рисунке 4 представлены результаты работы рассмотренных алгоритмов.

Для оценки различных систем освещения в программе 3D-моделирования Blender была создана тестовая сцена (рис. 5). Рендер без освещения — самая темная сцена. Мы будем использовать это изображение в качестве основы для сравнения с другими сценами при другом освещении.

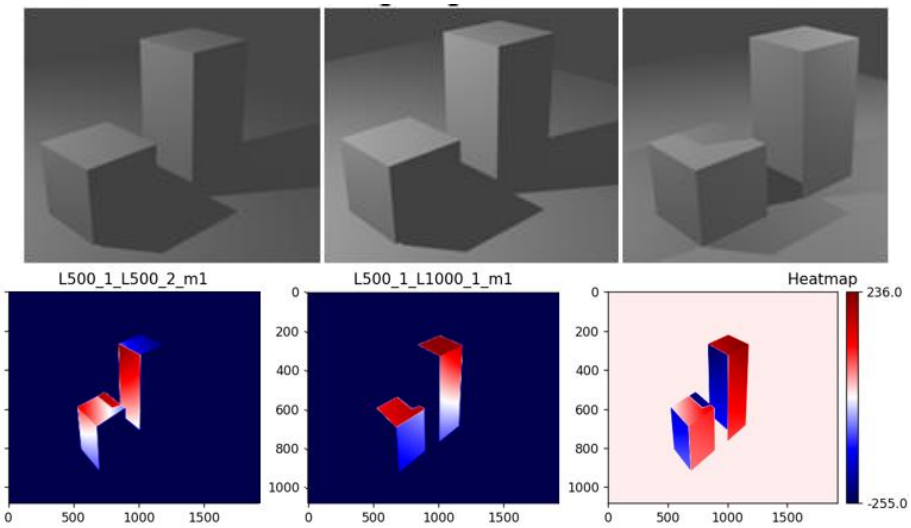


Рис. 5. Тестовые сцены. Тепловые карты

Сравнение тепловых карт позволяет выделить участки, наиболее чувствительные к освещению. Предлагаемый метод может быть использован для выбора оптимального освещения.

Таким образом, рассмотренные методы оценки освещенности 3D-сцен на основе построения и сравнения тепловых продемонстрировали свою работоспособность. Предложены различные подходы для сравнения тепловых карт и на их основе реализован прототип программы построения тепловых карт на любых изображениях. Во время тестирования рендеры строились в программах 3D-моделирования. При этом на рендерах использовались разные методы освещения, чтобы потом протестировать разработанную программу. В результате построения

тепловых карт была получена кумулятивная оценка сравнения разных подходов к освещению и выявлены области, наиболее чувствительные к изменению освещенности.

Список использованных источников

1. Peter Kán Hannes Kafumann DeepLight: light source estimation for augmented reality using deep learning. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: //https://link.springer.com/article/10.1007/s00371-019-01666-x (дата обращения: 10.03.2023).
2. Wang Z. Objective Image Quality Assessment: Facing The RealWorld Challenges. Image Quality and System Perfomance // IS&T Electronic Imaging. 2016. DOI: 10.2352/ISSN.2470-1173.2016.13.IQSP-205.
3. Krakov D., Feitelson D.G. Comparing Performance Heatmaps // Desai N., Cirne W. Job Scheduling Strategies for Parallel Processing. JSSPP 2013. Lecture Notes in Computer Science. Vol. 8429. Springer, Berlin, Heidelberg. Pp 42–61.
4. Меженин А.В., Трушин В.А. Оценка качества систем рендера на основе автоматизированного анализа изображения // Альманах научных работ молодых ученых Университета ИТМО. 2016. Т. 5. С. 119–120.
5. Абушкевич В.Б., Меженин А.В. Исследование физически корректных систем рендеринга для задач предметной визуализации // Альманах научных работ молодых ученых Университета ИТМО. 2015. Т. 1. С. 4–6.

УДК 004.93'12

АНАЛИЗ КОЖНЫХ ПОРАЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛИ ВАЛИДАЦИИ ВХОДНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Милантьев С.А.[1,2] *(аспирант)*, ***Бессмертный И.А.[1]***

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Бессмертный И.А.[1]

[1]Университет ИТМО
[2]Институт аналитического приборостроения РАН

e-mail: nevdev@niuitmo.ru

В данной работе представлены методы для автоматизации сбора изображений кожных новообразований в совокупности с использованием ансамбля сверточных нейронных сетей для классификации и сегментации кожных поражений. Разработана модель-валидатор, которая в автоматическом режиме проверяет входные изображения на соответствие заданным критериям и сохраняет в датасет неизвестного класса только валидные изображения, которым на основании классификации присваивают метки классов. Были рассмотрены различные классификационные архитектуры моделей, такие как VGG, ResNet, SENet, EfficientNet-B0, MobileNet_V2, а также разработаны три кастомные сверточные нейронные сети. Для решения поставленной задачи была использована модификация EfficientNet, основанная на использовании первых 8 предобученных слоев данной архитектуры и добавлении 5 инвертированных остаточных блоков. Одним из важных требований была быстрая сходимость нейронной сети в процессе обучения, а также высокие показатели специфичности на тестовых наборах данных.

Ключевые слова
Компьютерное зрение, сверточные нейронные сети, валидация медицинских снимков, кожные новообразования, анализ кожных новообразований, автоматический сбор медицинских данных.

Автоматизация сбора данных в области медицинских технологий является актуальной проблемой. В данной работе рассматриваются предлагаемые методы для частного случая этой проблемы – сбора изображений кожных поражений. Предпосылкой данного исследования является возможность применения полученных моделей в общедоступном веб-сервисе и использования собранных наборов данных для обучения моделей по анализу кожных поражений, повышения точности их работы.

Целью данной работы является разработка эффективных методов автоматизации сбора изображений кожных поражений и проверки их на валидность, которые могут быть использованы для дальнейшего дообучения основных моделей.

В данной работе предлагается использовать модель-валидатор перед ансамблем, состоящим из классификационных и сегментационных моделей, что позволит минимизировать затраты на обработку новых данных вручную. Основной задачей разрабатываемой модели является отсечение изображений из других доменных областей и в дальнейшем детекция случаев с превышением порога дальности от объекта съемки.

После тщательного поиска аналогичных научных работ в данной области было выявлено, что в медицинской сфере не практикуется подход с использованием автоматизации изображений, а также не существует научных работ, посвященных данной проблематике.

В сотрудничестве с ИАП РАН планируется внедрение разработанной модели на практику в научно-исследовательском центре им. Алмазова, а также внедрение данной модели в общедоступное приложение. Основным направлением данного исследования является обеспечение эффективной обработки и использования входных данных.

В данной работе решается задача бинарной классификации. Для этого был создан сбалансированный по классам датасет, где в качестве положительного класса использовалась подвыборка из датасетов ISIC [1, 2] и SevenPoint [3]. Для отрицательного класса изначально планировалось использовать подвыборку из ImageNet. Однако из-за отсутствия ответа от университета Стэнфорд на запросы автора в течение достаточно длительного времени пришлось формировать подвыборку из открытых источников, таких как OpenImage [4] и Google Images.

Таблица 1 отражает количественные характеристики каждой из выборок, поддерживающих баланс классов.

Таблица 1

Количественные характеристики выборок

Class	Datasets	Train	Valid	Test
positive	ISIC, 7Point	17 738	7 602	8 247
negative	OpenImage, Google Images	17 738	7 602	8 247

В дальнейшем планируется добавить еще один класс, отражающий случай загрузки валидного изображения, но отснятого с большего расстояния. В таком случае приложение будет просить пользователя сделать снимок с меньшим отдалением, и изображение будет сохраняться только в датасете неизвестного класса.

Для улучшения обобщающей способности модели во время обучения мы использовали различные преобразования: вращения, сдвиги, масштабирование, переворот по горизонтали/вертикали, поворот на 90 градусов, изменение яркости/контрастности, адаптивная гистограммная эквализация с ограничением контраста (CLAHE), OneOf (Motion Blur, Median Blur, Gaussian Blur, Gauss Noise), 1–4 Cutout (<= 16x16), OneOf (Elastic, Grid и Optical Distortion). Каждое преобразование из списка применялось в соответствии со стратегией случайных преобразований, что позволило улучшить обобщающую способность модели.

В данном разделе описаны предлагаемые методы и подходы для решения проблемы автоматизации сбора изображений кожных поражений. Предпосылкой данного исследования является применимость полученных моделей при реализации общедоступного веб-сервиса. Собранные наборы данных можно будет использовать с целью дообучения основных моделей на классах кожных новообразований, представляющих из себя ансамбль из набора сверточных нейронных сетей для решения задач классификации и сегментации кожных поражений [5].

Предполагается, что модель для автоматизации входных данных будет размещена в архитектуре приложения до основных моделей, которые представляют собой сложную композицию сегментационных и классификационных сверточных нейронных сетей. На рисунке 1 основные модели выделены зеленой областью.

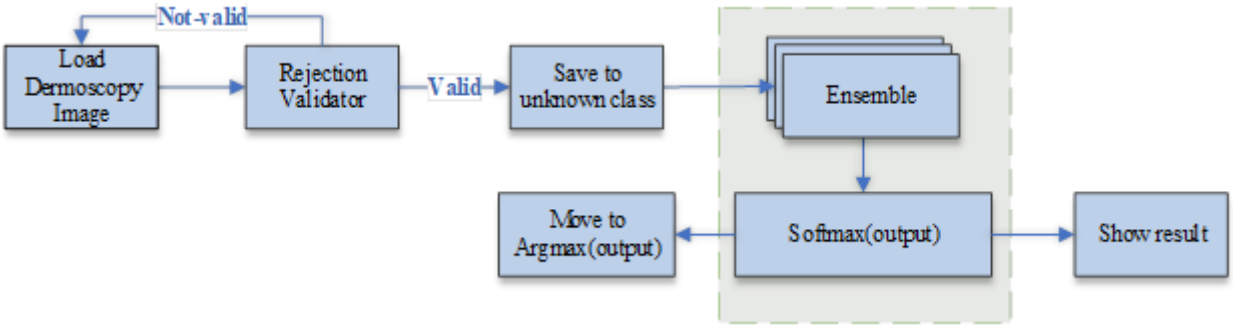


Рис. 1. Общая архитектура моделей для анализа кожных поражений

В случае, если пользователи загружают свои собственные изображения через веб-сервис, внедрение модели-валидатора перед основными моделями поможет минимизировать затраты на обработку новых данных. Идея состоит в том, чтобы реализовать дополнительную модель-валидатор на основе сверточных нейронных сетей, которая автоматически собирает входные

изображения, проверяет их на соответствие заданным критериям и, если изображение признано валидным, сохраняет в датасет неизвестного класса. Затем эти изображения подаются на вход основной модели для классификации. Результаты классификации, полученные из ансамбля основных моделей, обрабатываются с помощью функции argmax и его класс переопределяется из неизвестного в наиболее вероятный предсказанный класс.

Используемые архитектуры моделей сверточных нейронных сетей

Для решения поставленной задачи были рассмотрены различные общеизвестные классификационные архитектуры моделей: VGG19, ResNet18, SENet, EfficientNet-B0, MobileNet_V2. Кроме того, были реализованы три кастомные сверточные нейронные сети. Одним из важных требований для данной задачи была быстрая сходимость нейронной сети в процессе обучения. Также важными критериями являлись устойчивая обобщаемость и высокие показатели специфичности сети на тестовых наборах данных.

В ряде экспериментов, в архитектурах нейронных сетей были заменены стандартные функции активации ReLU на SELU, которые показали лучшие результаты метрик качества для данной задачи.

Все рассматриваемые математические модели использовались в равных условиях для определений показателей классификационных метрик, отражающих качество отделения валидных входных данных от невалидных. Наилучшим результатом среди всех показателей метрик является эквивалент наилучшему качеству классификации, достигнутое моделями сверточных нейронных сетей.

Обучение и тестирование моделей

Напомним, что имеющиеся данные были разделены в соотношении 52.82–22.63–24.55% на тренировочный, валидационный и тестовый набор данных. Для обеспечения единообразия ко всем входным данным было применено преобразование размерности до 224x224 пикселов. Для каждого набора данных были сформированы загрузчики данных со следующими размерами пакетов: 64 для тренировочной, 32 для валидационной и единичный для тестовой подвыборки.

Полученные наборы данных были строго определены заранее во всех экспериментах для обеспечения статистической значимости, возможности сравнивания результатов экспериментов и оценки всех положительных изменений. Результаты всех итераций обучения сохранялись в облачном сервисе Weights&Biases, позволяющем эффективно отслеживать эксперименты и сохранять метрики, параметры, модели и другие артефакты с поддержкой версионирования.

С учетом идеи о быстрой сходимости было определено ограничение в 20 итераций обучения для оценки всех изменений. Для решения поставленной задачи использовался оптимизатор AdamW(learning_rate=1e-4, weight_decay=1e-6) и стратегия изменения скорости обучения CosineAnnealingWarmRestarts.

Оценка моделей

Для оценки эффективности каждой модели были использованы основные классификационные метрики: общая точность (accuracy), полнота (recall), точность положительных прогнозов (precision) и F1-мера (f1-score). Для дополнительного анализа экспериментов была также использована матрица ошибок.

В процессе обучения каждая модель оценивалась на валидационной подвыборке, содержащей 15204 изображений. Кроме того, после каждой итерации обучения модели оценивались на тестовой подвыборке, состоящей из 16494 изображений, что моделировало процесс оценки работы моделей на новых, неизвестных данных.

Архитектура VGG19

В одном из экспериментов была выбрана архитектура VGG19 в качестве классификатора. Для улучшения ее результатов был добавлен 16-й слой с 512 фильтрами. Такое расширение, представленное на рисунке 2, позволило добиться более высокой полноты по сравнению со стандартной реализацией VGG.

В результате, модифицированная модель VGG19 продемонстрировала немного лучшие показатели метрик на тестовой и валидационной выборках, чем стандартная реализация.

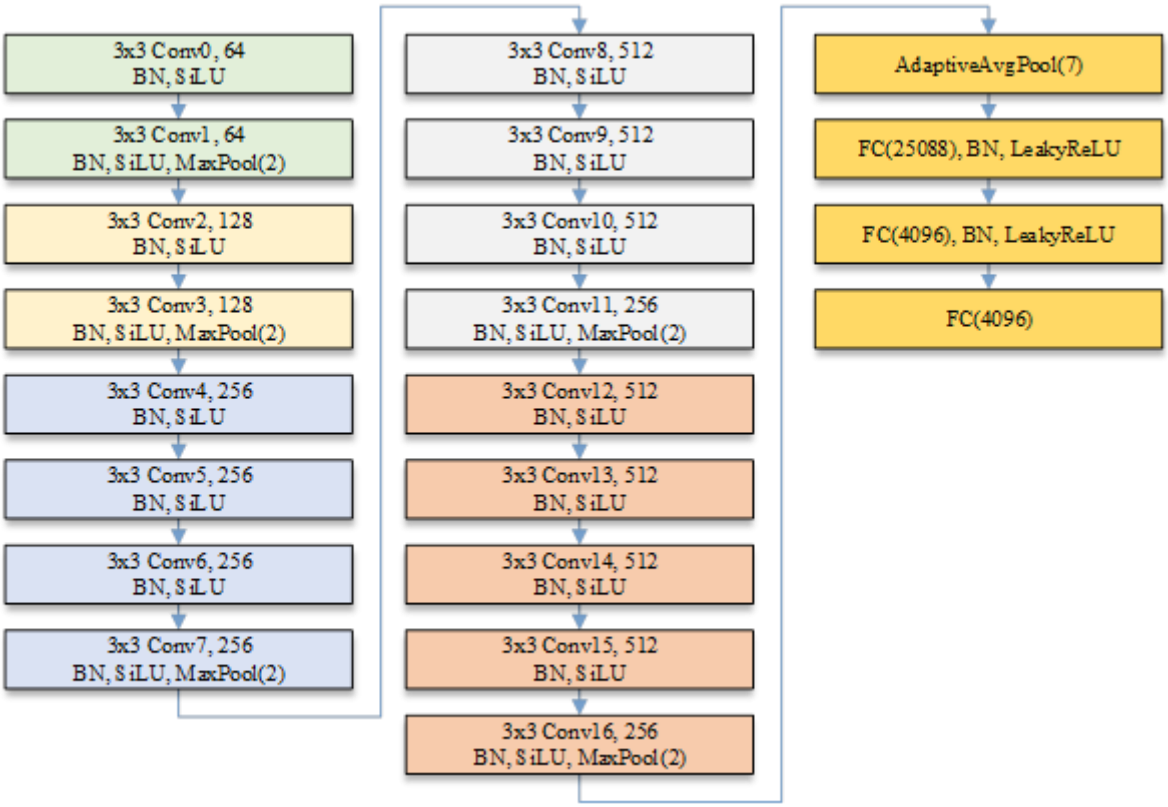


Рис. 2. Модифицированная архитектура VGG19

Однако, при сравнении с моделью Custom CNN v1, модифицированная VGG19 проявила сходимость при обучении, уступающую в скорости примерно в 2.5 раза. В целом, выбранная модель является эффективной для задачи классификации изображений, но требует дополнительной оптимизации для ускорения сходимости.

Архитектуры Custom CNN v1 и v2

Данный абзац описывает две кастомные реализации сверточных нейронных сетей для решения поставленной задачи, которые представлены на рисунке 3.

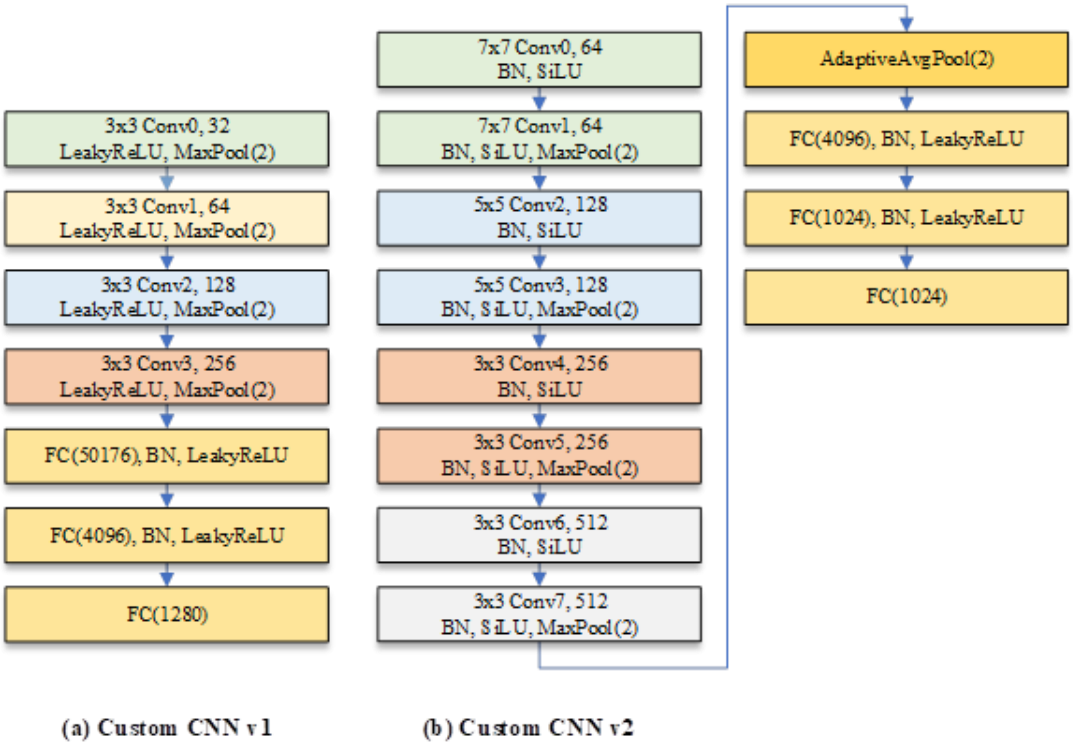


Рис. 3. Архитектура Custom CNN: a) первая, базовая реализация; b) вторая реализация с фильтрами больших размеров

На рисунке 3, а представлена простая реализация сверточной нейронной сети Custom CNN v1, которая была использована в качестве базовой модели. Данная сеть состоит из четырех сверточных и трех полносвязных слоев. На начальных итерациях обучения модель имеет высокий уровень потерь, однако уже на третьей эпохе достигает более низкого уровня потерь, чем модели VGG. Однако из-за малого количества обучаемых параметров данная сеть практически не различает объекты с текстурой, похожей на кожу.

Рисунке 3,b демонстрирует реализацию сверточной нейронной сети Custom CNN v2, в основу которой легла идея начинать обучение сети сразу на фильтрах больших размеров с целью обобщения и использования более высокоуровневых признаков, что приводит к повышению метрики специфичности.

Архитектура EfficientNet-B0

В рамках экспериментов была использована модифицированная архитектура EfficientNet-B0 без использования предобученных весов и с дополнительными инвертированными остаточными блоками, что привело к продолжительному процессу обучения из-за необходимости обучения всех слоев сети с нуля и ее достаточно большой вычислительной сложности.

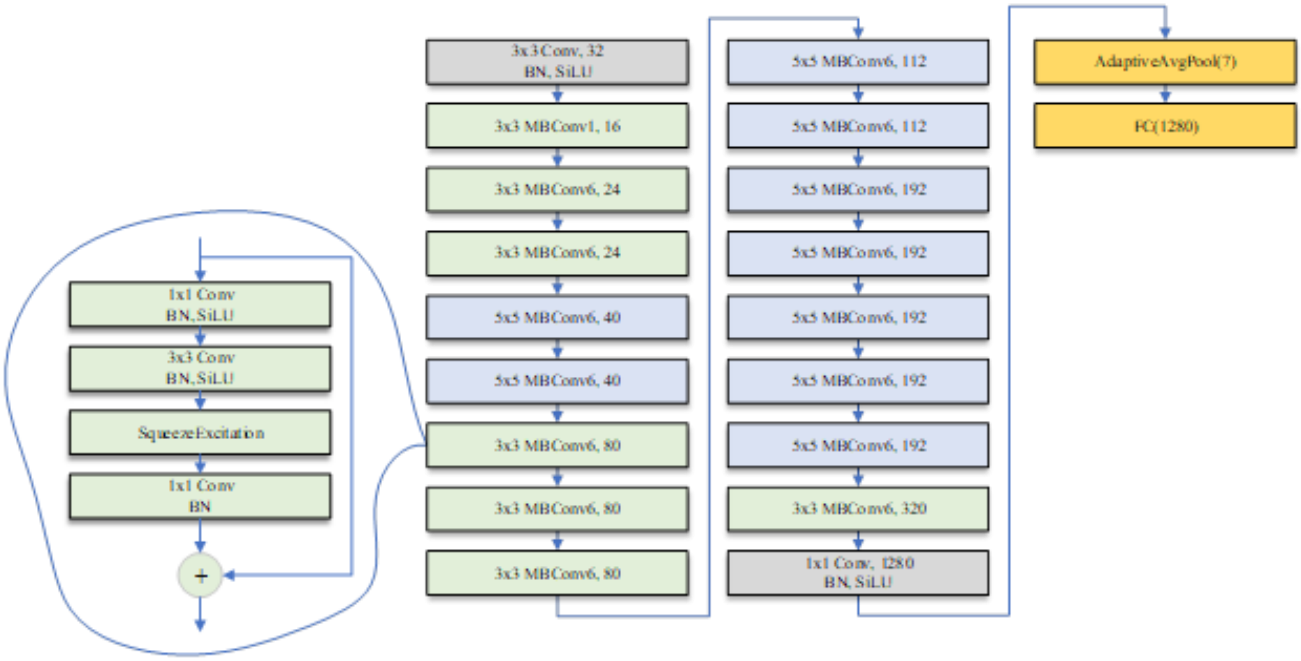


Рис. 4. Архитектура EfficientNet-B0

Тем не менее, реализация EfficientNet, изображенная на рисунке 4, с использованием предобученных весов демонстрировала более высокую скорость сходимости по сравнению с другими моделями, и даже на начальных этапах обучения имела наилучшие результаты функции потерь и метрик качества на тестовом наборе данных.

Архитектура Custom CNN v3

Данная архитектура представляет собой модификацию EfficientNet, основанную на использовании первых восемь предобученных слоев этой архитектуры, которые отмечены на рисунке 5 красной областью. В дополнение к этим слоям было добавлено пять инвертированных остаточных блоков.

Несмотря на то, что в новой архитектуре осталась примерно 1/4 часть предыдущей, результаты экспериментов показали, что показатели данной вариации остались примерно такими же. Важно отметить, что использование предобученных слоев позволяет значительно сократить время обучения сети, так как веса уже были настроены на большом наборе данных, что улучшает сходимость сети.

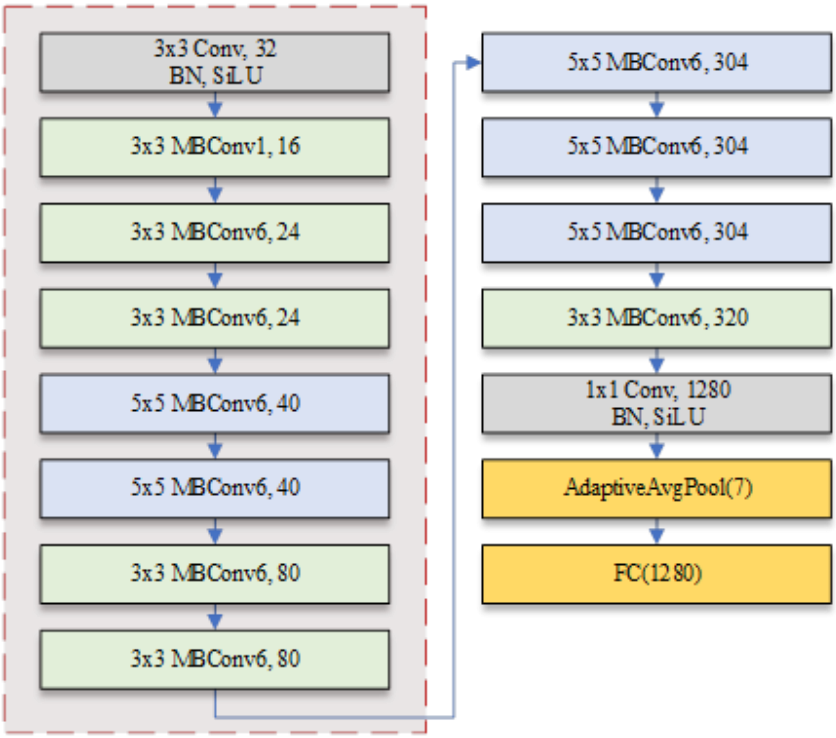


Рис. 5. Архитектура Custom CNN v3

В данном исследовании были получены показатели метрик для решения задачи бинарной классификации на валидационной и тестовой выборках, результаты которых представлены в таблице 2.

Таблица 2

Метрики моделей

Модель	Accuracy		Precision		Recall		F1-Score	
	valid	*test*	*valid*	*test*	*valid*	*test*	*valid*	*test*
VGG19-based	0.994	0.9913	0.9967	0.9913	0.994	0.9913	0.9952	0.9913
custom-cnn-v1	0.9927	0.989	0.9974	0.989	0.9927	0.989	0.9949	0.989
custom-cnn-v2	0.9922	0.99	0.9982	0.99	0.9922	0.99	0.9951	0.99
EfficientNet-based	0.9903	0.9876	0.9927	0.9877	0.9913	0.9876	0.9919	0.9876

В рамках проведенных экспериментов были собраны показатели метрик, которые на первых этапах исследования оказались достаточно высокими. Ключевыми векторами на протяжении всех экспериментов являлись улучшение показателей специфичности моделей и снижение вычислительных мощностей для обучения.

Среди лучших моделей, выделенных в таблице 2, Custom CNN v3 оказалась одной из наиболее эффективных, лишь незначительно уступая по показателям метрик предобученной модели EfficientNet-B0. Однако применение данной модели способствовало снижению вычислительной сложности обучения на 25–30%.

Наилучшие полученные модели характеризуются высокими показателями метрики специфичности, что говорит об их эффективности в определении валидных изображений кожных новообразований. Кроме того, демонстрационная версия лучшей модели размещена на HuggingFace по адресу: https://huggingface.co/spaces/nevdev/rejection_validator.

В данной работе были рассмотрены способы модификации сверточных нейронных сетей для решения задачи бинарной классификации валидности входных данных. на подобных задачах полезно использование упрощенных архитектур, в том числе использования части от предобученных сетей, что может положительно сказаться на метриках качества.

Дальнейшем вектором развития данного исследования является сбор данных для формирования класса валидных изображений кожных поражений, отснятых с расстояния более одного метра, преобразовать задачу в мультиклассовую классификацию и провести

аналогичные эксперименты с вышеописанными архитектурами сверточных нейронных сетей. Кроме того, планируется внедрение наилучшей полученной модели в архитектуру основного ансамбля, включающего классификационные и сегментационные модели [5].

Список использованных источников

1. Tschandl P., Rosendahl C., Kittler H. The HAM10000 dataset, a large collection of multi-sources dermatoscopic images of common pigmented skin lesions // Sci Data 5. 2018. Vol. 180161. DOI: 10.1038/sdata.2018.161.
2. Codella N.C.F. et al. Skin lesion analysis toward melanoma detection // 2018 IEEE 15th International Symposium on Biomedical Imaging (ISBI 2018). 2018. Pp. 168–172. DOI: 10.1109/ISBI.2018.8363547.
3. Kawahara J., Daneshvar S., Argenziano G., Hamarneh G. 7-Point Checklist and Skin Lesion Classification using Multi-Task Multi-Modal Neural Nets // IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics (IEEE JBHI) special issue on Skin Lesion Image Analysis for Melanoma Detectio. 2018. DOI: 10.1109/JBHI.2018.2824327.
4. Kuznetsova A., Rom H., Alldrin N. et al. The Open Images Dataset V4: Unified image classification, object detection, and visual relationship detection at scale // International Journal of Computer Vision. 2020. Vol. 128. №. 7. Pp. 1956–1981.
5. Milantev S., Bessmertnyi I. et al. Skin lesion analysis using ensemble of CNN with dermoscopic images and metadata // CEUR Workshop Proceedings. 2021. Vol. 2893. P. 5.

УДК 004.75

АРХИТЕКТУРА ФРЕЙМВОРКА ЗАЩИЩЁННОГО ОЗЕРА БОЛЬШИХ ДАННЫХ

Муратов С.Ю.[1] *(аспирант)*

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент Муравьёв С.Б.[1]

[1]*Университет ИТМО*

e-mail: symuratov@itmo.ru

Данная работа представляет архитектуру фреймворка защищённого озера больших данных, фундамент которой – Data Lake Architecture Framework (DLAF). Безопасность возложена на 2 компонента: Global Monitoring Tool (GMT), Check Sum Controller (CSC). Первый ведёт мониторинг записей лога озера данных, автоматически определяя аномальные, Второй отслеживает истории загрузки, обработки и выгрузки файловых объектов в озере данных. Проведённый инструментальный аудит демонстрирует как эффективность архитектуры, так и её перспективы.

Ключевые слова
Большие данные, озеро данных, архитектура, фреймворк, машинное обучение, мониторинг, информационная безопасность.

В современном мире объём всех данных неуклонно растёт. К 2025 году он составит 163 зеттабайт (Зб), что в десять раз больше, чем общий объём данных, зафиксированный в 2016 году [1]. Необходимость в хранении и обработке, возрастающей с течением времени в количестве информации способствует развитию альтернативных подходов для работы с данными, в частности использования озёр данных (ОЗД).

Однако всеобъемлющая, общепринятая архитектура ОЗД всё ещё не разработана [2, с. 351]. Ниже приведены аспекты архитектуры ОЗД с акцентом на защиту данных.

Инфраструктура (рис. 1) разделена на три сектора взаимодействия с данными: сектор загрузки, сектор трансформации, сектор выгрузки.

Сектор загрузки содержит две среды: среду доверенной загрузки и среду непроверяемой загрузки. Сектор трансформации содержит три среды работы с данными: со структурированными, с полу структурированными и с неструктурированными. Среды содержат в себе две области обработки данных: с изоляцией и без.

Сектор выгрузки содержит две среды: для доверенных данных, для непроверяемых.

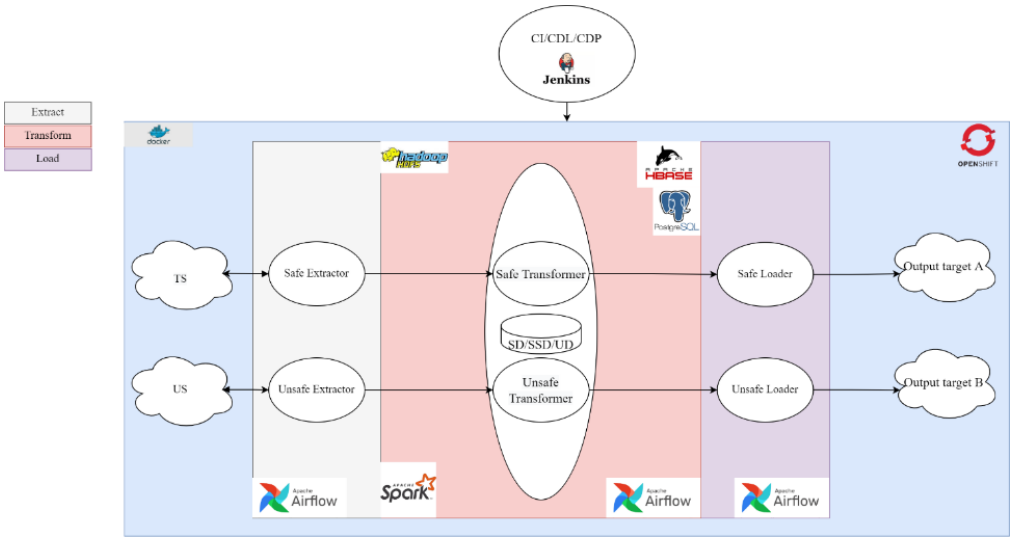


Рис. 1. Инфраструктурный слой архитектуры ОЗД

Хранилище данных (ХД) (рис. 2) построено с учётом вышеописанного слоя инфраструктуры. Хранилище состоит из 4 непересекающихся секторов, разделение на которые зависит от типа данных и их источников. Тип данных не задаётся степенью структуризации, как это определено в аспектах классического DLAF [2, с. 354], но определён в контексте информационной безопасности (ИБ): потенциально вредоносный объект (ПВО) и безопасный файловый объект (БФО). Хранилище включает в себя следующие четыре среды: среда доверенных БФО, среда доверенных ПВО, среда непроверяемых БФО, среда непроверяемых ПВО.

Зона карантина – копия среды ХД, лишённая репликационных сущностей. Зона карантина доступна согласно регламенту внедрённой модели безопасности (МБ). В ней разрешены операции удаления и переноса в основные среды ХД с ручным обоснованием неправдоподобной классификации и зависимостью БФО, ПВО от субъекта, инициировавшим операцию переноса, остальные операции возбраняются.

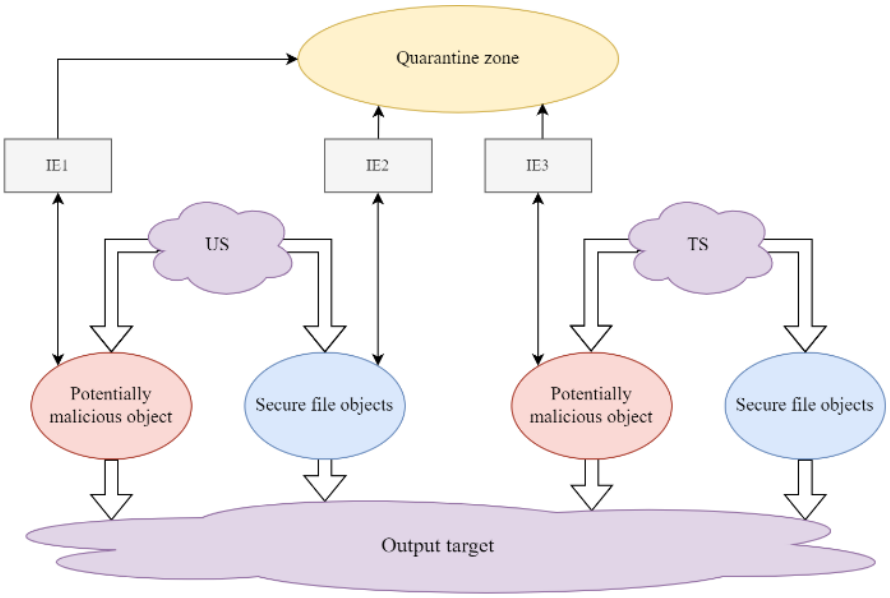


Рис. 2. Слой хранилища данных архитектуры ОЗД

Потоки данных (рис. 3) работают в трех режимах: пакетный, потоковый, смешанный. В первом режиме данные поступают пакетами заданного размера. Во втором режиме процесс поставки данных непрерывен в зависимости от пропускной способности. Третий режим возможен при репликации и/или разделении ОЗД на чётное количество контуров, в каждом из которых реализуется первый и/или второй режим.

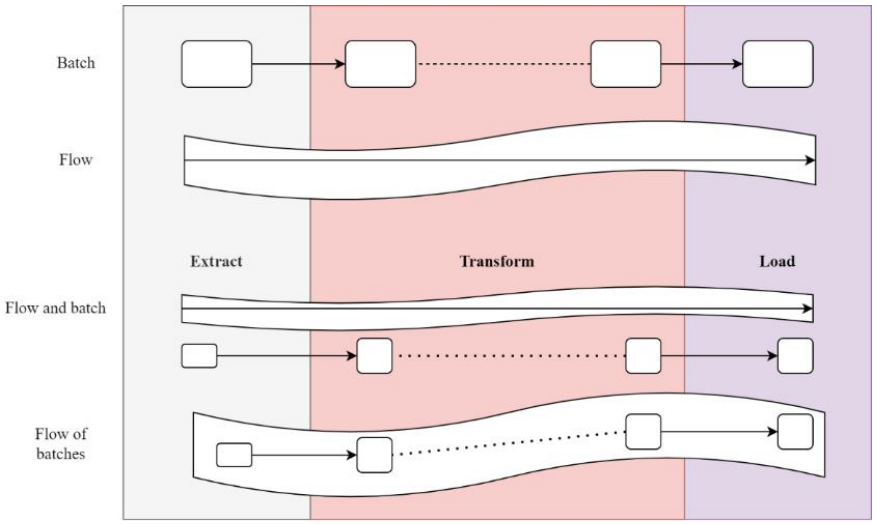


Рис. 3. Слой потока данных архитектуры ОЗД

Обнаружение аномального поведения влечёт за собой помещение субъектов и объектов пакета, потока в зону карантина. Записи лога помещаются в Unified Log Registry (ULR).

Моделирование данных (рис. 4) визуализирует образ внедрённой информационной системы. Модель построена на основе сущности файлового объекта (ФО) и включает в себя следующие атрибуты: тип, источник, контрольная сумма, флаг изоляции (IEflag), флаг изменения (flagCS), список применённых операций (listOps), эксплуатационный период логгирования (history), периоды загрузок (timeExtr), периоды выгрузок (timeLoad), периоды обработки данных (periodTrans), имя ФО, расширение ФО.

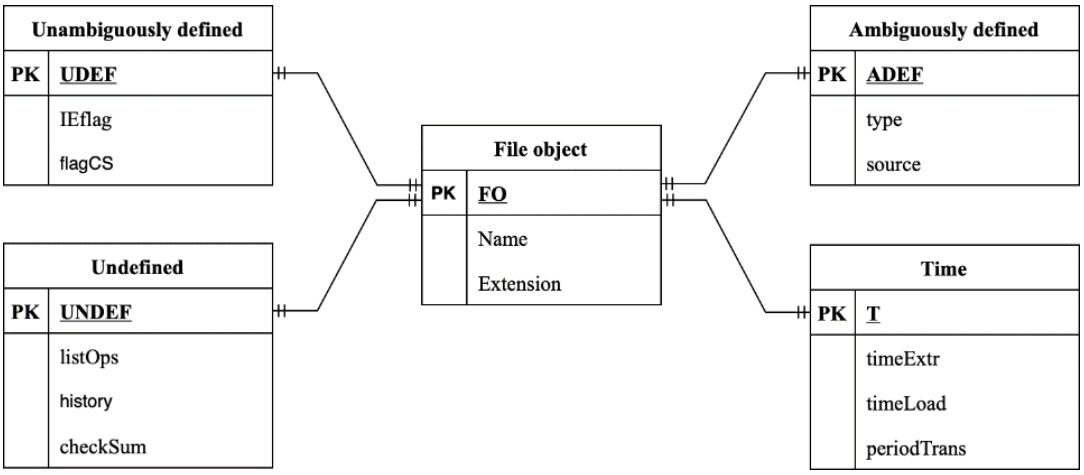


Рис. 4. Слой моделирования данных архитектуры ОЗД

Организация данных (рис. 5) состоит из трех комбинаций сред работы с данными. Первая задана секторами инфраструктуры: загрузка, обработка, выгрузка данных. Вторая задана типами данных вне контекста ИБ: структурированные, полу структурированные, неструктурированные данные. Третья задана степенями угрозы ФО: доверенный БФО – первая степень угрозы, непроверяемый БФО – вторая степень угрозы, доверенный ПВО – третья степень угрозы, непроверяемый ПВО – четвертая степень угрозы.

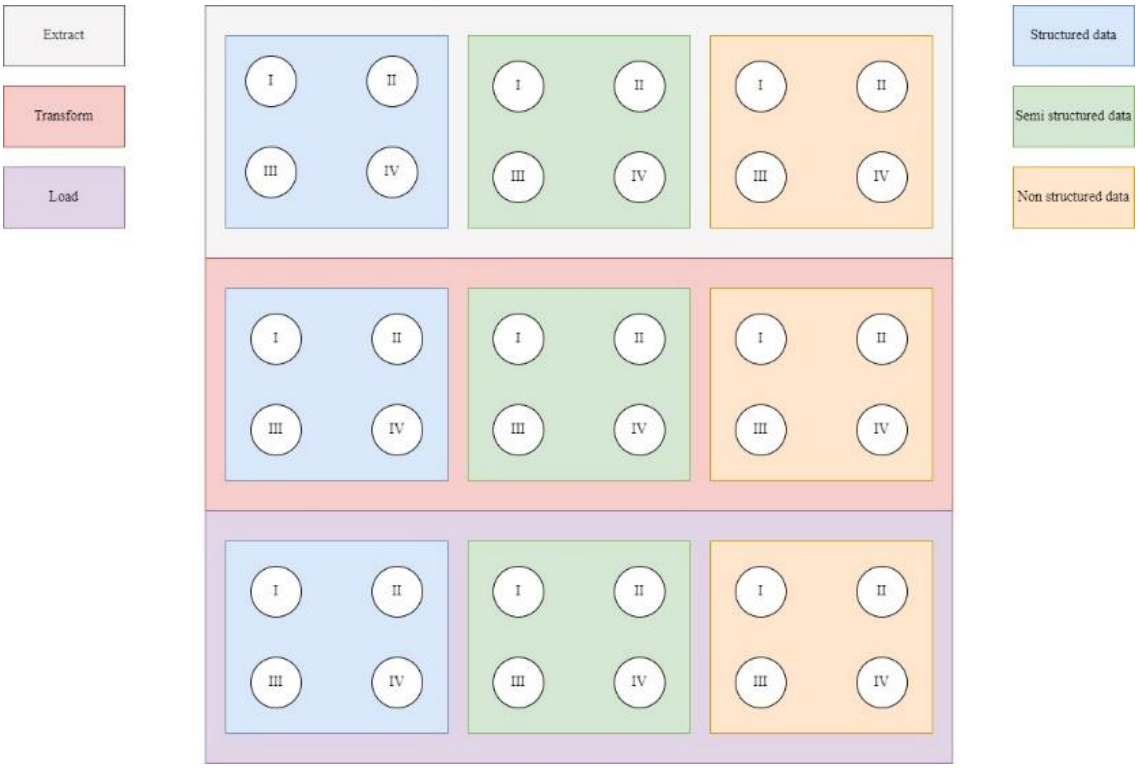


Рис. 5. Слой организации данных архитектуры ОЗД

Обработка данных (рис. 6) не требует строгого регламента аспектом в силу высокой гибкости архитектуры и широты применяемых методов и технологов внутри ОЗД по определению.

Процедуры взаимодействия с ФО порождают записи логов, формируя историю эксплуатации. История поступает на вход GMT в режиме реального времени. Любые изменения ФО порождает изменения контрольных сумм, отслеживаемых CSC.

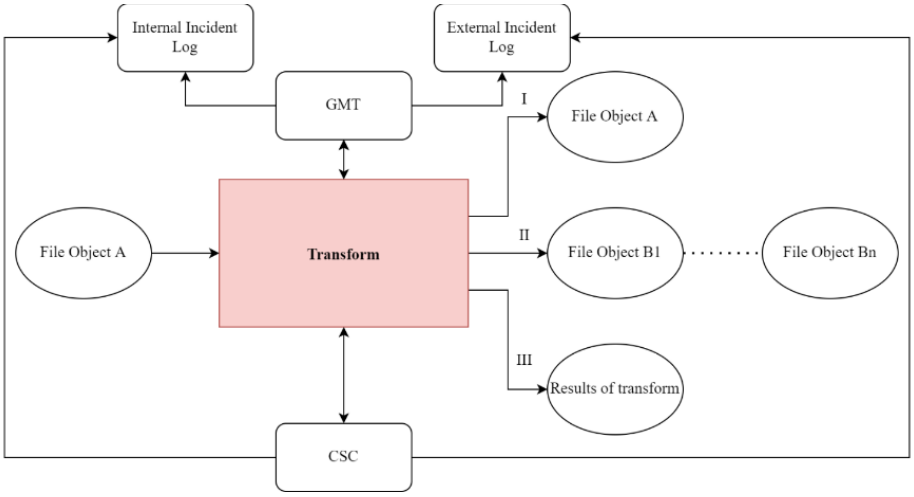


Рис. 6. Слой обработки данных архитектуры ОЗД

Метаданные являются вторичным фактором при обнаружении аномалий относительно ИБ. Записи метаданных максимально подобны записям логов за счёт разделения первых по категориям порождения: ФО, субъект, система. Каждая категория оснащается взаимно-однозначными атрибутами согласно её архитектурной сущности.

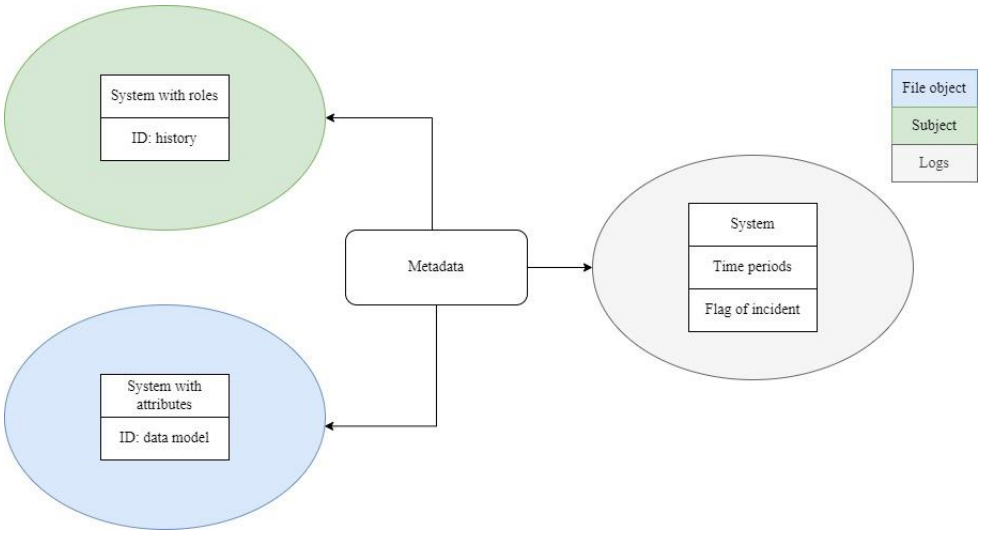


Рис. 7. Слой метаданных архитектуры ОЗД

Безопасность ОЗД возложена как на модифицированные под особенности архитектуры МБ, так и на компоненты ИБ: GMT и CSC, работа которых затрагивает абсолютно все слои архитектуры.

Решение задачи защиты данных в режиме реального времени стало возможным лишь путём адаптации как МБ, так и аспектов классического DLAF для получения атомарных записей лога операций. GMT встроен в архитектуру как демон, состоящий из трёх моделей машинного обучения (МО). GMT решает три подзадачи: обнаружение аномалий в заданном около промышленной эксплуатацией наборе данных (ULR) для обучения, кластеризация записей лога для генерации набора данных, бинарная классификация записей лога в режиме реального времени.

Решение подзадач вырождается в три стадии эксплуатации GMT: разовая стадия обнаружения аномалий в заданном наборе данных с целью получения размеченного набора данных с признаком аномалии, разовая стадия кластеризации записей лога с использованием полученном на прошлом этапе набора для подтверждения количества классов, периодическая стадия мониторинга в формате бинарной классификации записей лога на безопасное поведение и вредоносное поведение, где в качестве обучающего набора данных берётся сгенерированный на предыдущем этапе набор данных, а тестирующего -набор данных, полученный во время около промышленной эксплуатации ОЗД.

Каждая стадия отождествлена модели МО (рис. 8): модель леса изоляции, модель весового к-средних [4], свёрточная нейронная сеть для бинарной классификации записей лога [5].

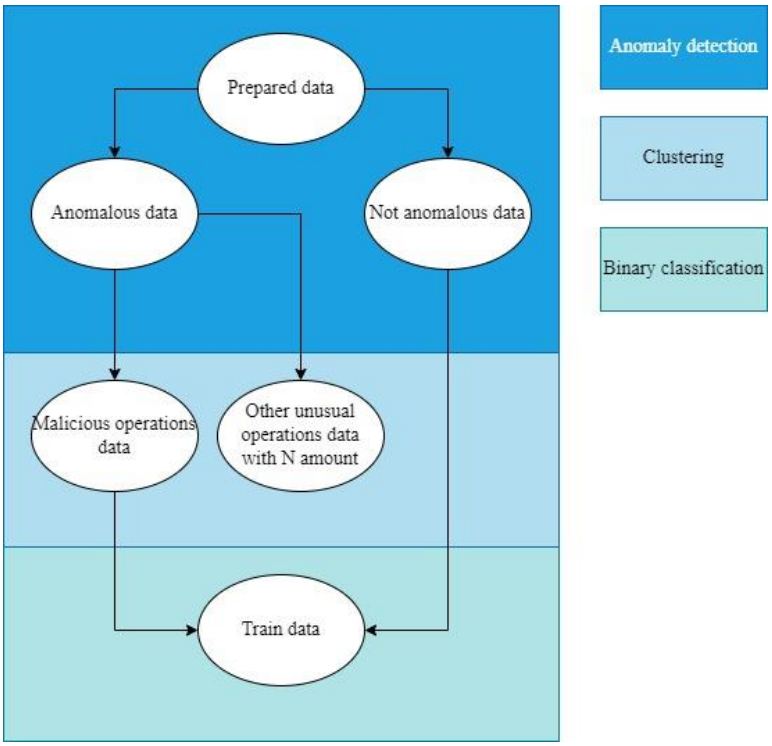


Рис. 8. Алгоритм выработки набора данных для обучения

Наряду с параметрами моделей у GMT также задаётся глобальный параметр N, обозначающий количество данных, являющихся аномальными, однако не имеющих в себе рисков ИБ.

В том случае, когда количество данных больше N, ОЗД не вводится в эксплуатацию в силу значительного количества аномалий поведения без рисков ИБ, что является следствием архитектурных ошибок в самом ОЗД. В противном случае ОЗД готово для промышленной эксплуатации, искусственным третьим классом операций – аномалии, но без рисков ИБ, пренебрегают.

Инкременты ОЗД и его использование приведёт к решению поставленной бизнес-задачи. Анализ ФО, обладающих бизнес-ценностью, требует их соответствия стандартным признакам качества данных. Оно достижимо в условиях вышеприведённых модификаций аспектов классического DLAF.

Инструментальный аудит ИБ тестируемого ОЗД, в основе которого принципы реализованного фреймворка, реализован с целью получения метрик обеспечения защиты ОЗД. Сценарии аудита представлены в формате всевозможных комбинаций вида: МБ-режим-сценарий атаки, и выполнены около промышленной эксплуатации ОЗД.

На рисунке 9 представлен пример вывода сценария, где размещены: график зависимости количества записей лога от времени, график зависимости операций ОЗД от времени, матрица ошибок третей стадии работы GMT, значения метрик: точность, полнота, recall, F-мера.

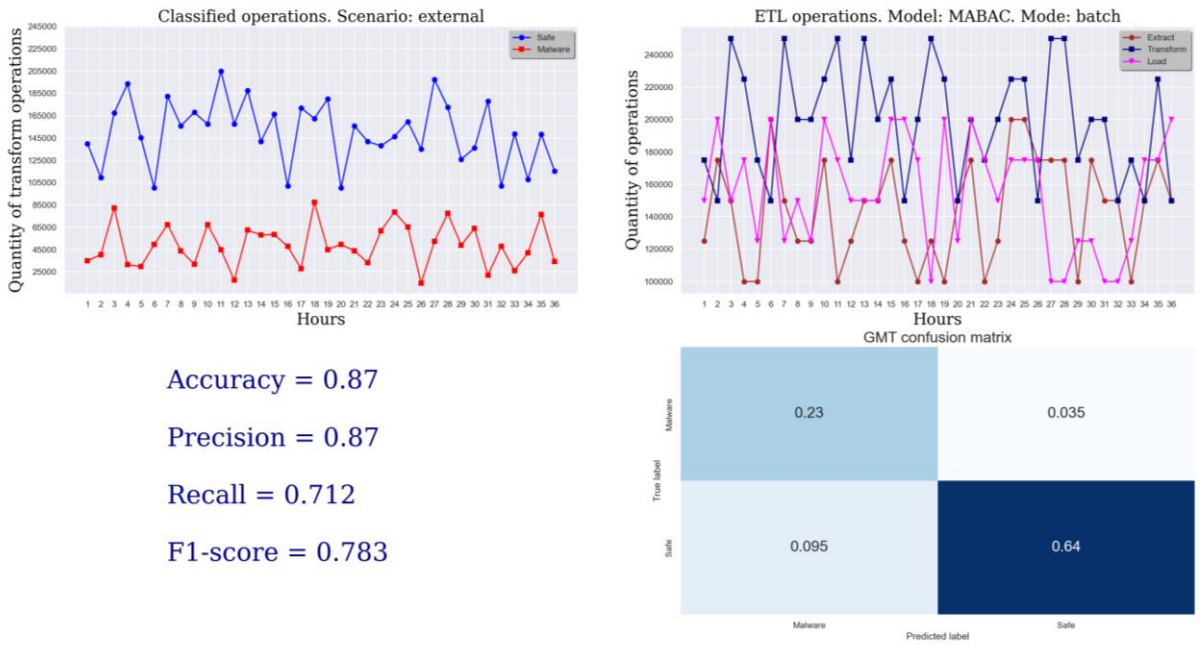


Рис. 9. Дашборд модели MABAC при пакетном режиме и эмуляции сценариев внешних атак

Разработанный Secured Data Lake Architecture Framework представляет собой модификацию DLAF, формирующую защиту ОЗД на уровне архитектуры. Улучшение качества ИБ создаваемых ОЗД представляется возможным за счёт интенсивных модификаций GMT.

Список использованных источников

1. Прогноз объёма данных к 2025 году. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://aboutdata.ru/2017/04/27/volume-of-data-by-2025/ (дата обращения: 21.12.2022).
2. Giebler C., Gröger C., Hoos E., Eichler R., Schwarz H., Mitschang B. The Data Lake Architecture Framework: A Foundation for Building a Comprehensive Data Lake Architecture // K.-U. Sattler et al. (Hrsg.): Datenbanksysteme für Business, Technologie und Web (BTW–2021), Lecture Notes in Informatics (LNI), Gesellschaft für Informatik, Bonn. 2021. DOI: 10.18420/btw2021-19.
3. Fei Tony Liu, Kai Ming Ting, Zhi-Hua Zhou Isolation Forest // Data Mining, 2008. ICDM '08. Eighth IEEE International Conference on. 2009. DOI: 10.1109/ICDM.2008.17.
4. Kerdprasop K., Kerdprasop N., Sattayatham P. Weighted K-Means for Density-Biased Clustering. 2005. Vol. 3589. Pp. 488–497. DOI: 10.1007/11546849_48.
5. Konda S., Rani B., Mangu V., Madhukar G., Ramana B. Convolution Neural Networks for Binary Classification // Journal of Computational and Theoretical Nanoscience. 2019. Vol. 16. Pp. 4877–4882. 10.1166/jctn.2019.8399.

УДК 65.011.56

СИСТЕМА ПРЕДИКТИВНОЙ ДИАГНОСТИКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ СУДОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ОСНОВЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ

Неснова М.В.[1] *(аспирант)*

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент Третьяков С.Д.[1]

[1]*Университет ИТМО*

e-mail: mary.nesnova@gmail.com

В работе рассмотрено применение на предприятиях судостроительной промышленности системы предиктивной диагностики на основе интеллектуального анализа данных, с использованием цифровых двойников, что обосновано высокой степенью изношенности действующих производственных мощностей и требует сложных решений для дальнейшего эффективного технического перевооружения и сокращения длительности жизненного цикла конечной продукции.

Ключевые слова
Предиктивная диагностика, интеллектуальный анализ данных, автоматизация, производство, технологический процесс, технологическое оборудование, цифровой двойник, аномалии.

В 2022 году остро встал вопрос о развитии оборонно-промышленного комплекса России. Поскольку 60% границ страны - морские, судостроение является приоритетным направлением. Помимо этого, с рынка РФ ушли авиастроительные компании, что привело к изменениям в логистике внутри страны. Это обеспечило рост потребности в развитии гражданского судостроения для организации транспортных и пассажирских перевозок. Для отрасли характерно:

- длительный жизненный цикл – 76 лет;
- работа производственного оборудования “до отказа”;
- непостоянная загрузка производства.

Вышеуказанные факторы приводят к проблеме эффективного использования производственных мощностей. Средний износ технологического оборудования на судостроительных предприятиях – 80%.

В настоящее время проблема решается посредством:

- разработки технологических карт;
- медленного внедрения TPM;
- планирование работы производства “до отказа”.

Такое решение проблемы не удовлетворяет существующий спрос на суда - на спуск идет лишь 45% судов.

Мониторинг оборудования позволяет отслеживать состояние технологического оборудования в моменте, но не работает с собранной информацией в долгосрочной перспективе. Как правило, лишь 10% всей собранной с датчиков информации идет в работу.

В результате нельзя выявить аномалии работы технологического оборудования на ранних стадиях и предпринять превентивные меры, которые сократили бы количество брака продукции, но увеличили срок полезного использования оборудования.

Цель данного исследования комплексно оценить целесообразность внедрения системы предиктивной диагностики методом интеллектуального анализа данных на судостроительных предприятиях.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

1. Анализировать существующие решения.
2. Провести технико-экономическое обоснование проекта.

3. Рассмотреть этапы внедрения системы на предприятии.

При анализе существующих решений были рассмотрены системы предиктивной диагностики и системы мониторинга.

Оценка технических характеристик была выполнена следующим образом:

1. За базовое решение был взят мониторинг оборудования (данным способом решается проблема сейчас).
2. За проектное решение взята предиктивная диагностика.
3. Выписан весь функционал обоих решений.
4. Произведено сравнение.

Результаты сравнения технических характеристик базового и проектного решения представлены на таблице.

Таблица

Сравнительный анализ процессов мониторинга оборудования и системы предиктивной диагностики

№ п/п	Характеристика	Базовое решение (мониторинг оборудования)	Проектное решение (предиктивная диагностика)
1	Интеграция с системами MES, ERP, PDM	Есть	Есть
2	Прямое подключение к ЧПУ	Есть	Есть
3	Контроль дискретных и аналоговых параметров (температура, мощность, ток, вибрация)	Есть	Есть
4	Идентификация персонала	Есть	Есть
5	Контроль энергопотребления	Есть	Есть
6	Раннее выявление аномалий	Нет	Есть
7	Локализация неисправности	Есть	Есть
8	Выдача рекомендаций по исправлению	Есть	Есть
9	Прогнозирование развития отклонений	Нет	Есть
10	Доступ к эксплуатационной документации	Есть	Есть
11	Отображение трендов, архивов событий	Есть	Есть
12	Разработка цифрового двойника	Нет	Есть
13	Адаптация процессов под отрасль	Есть	Есть
14	Планирование ремонтов и модернизации оборудования	Есть	Есть
15	Обучение нейронной сети по данным в реальном времени	Нет	Есть

При сравнении технических параметров были выявлены следующие преимущества предиктивной диагностики: раннее выявление аномалий, прогнозирование развития отклонений, разработка цифрового двойника, обучение нейронной сети по данным в реальном времени [2].

Разработка системы предиктивной диагностики состоит из восьми этапов:

1. Сбор исторических входных данных за 3-6-12 месяцев.
2. Обработка данных. Чистка и сведение к общим показателям.
3. Анализ данных. Выявление закономерностей и взаимосвязей, оценка динамики.
4. Прогнозирование.
5. Обучение нейронной модели по данным реального времени.
6. Разработка цифрового двойника.
7. Доработка технологических решений и архитектуры хранения данных.
8. Оформление патента на разработку системы предиктивной диагностики на производственном предприятии [3, 4].

Среди основных конкурентов разрабатываемой системы предиктивной диагностики были выделены пять компаний, который имеют весомые доли на рынке:

Прана. Разрабатывает индустриальное IoT-решение для диагностики и прогноза состояния промышленного оборудования с целью повышения эффективности его работы и снижения эксплуатационных затрат. Занимает 2% рынка предиктивной диагностики. Оценка рынка была произведена относительно самого решения, а не судостроительной отрасли, в которой предприятия только начинают переход на технологии “Индустрия 4.0”.

Avantis Prism. Занимается разработкой интеллектуального решения для анализа производственных мощностей, которое обеспечивает раннее предупреждение и диагностику проблем оборудования за время до отказа. Занимает 7% рынка.

AVEVA PRISM. Занимается разработкой решения, которое позволяет сократить простои оборудования, повысить его надежность, улучшить производительность, снизить затраты на технологическое обслуживание и ремонт. Доля рынка – 28%.

GE Smart Signal. Решения этой компании позволяют оптимизировать работу оборудования и повышают его надежность для дальнейшего увеличения производительности и снижения затрат предприятия. Занимает 21% общей доли рынка.

CyberStudio. Компания занимается разработкой программной платформы для предиктивной аналитики оборудования и оптимизации режимов технологических процессов.

В основном, представленные компании являются смежными конкурентами, так как они занимаются BI, что не позволяет решить все существующие проблемы в организации производственного процесса судостроительных предприятий России [4].

Оценка конкурентоспособности производилась по следующим критериям (рисунок): стоимость, гибкость решения, доля рынка, узнаваемость бренда, эффективность, УТП.

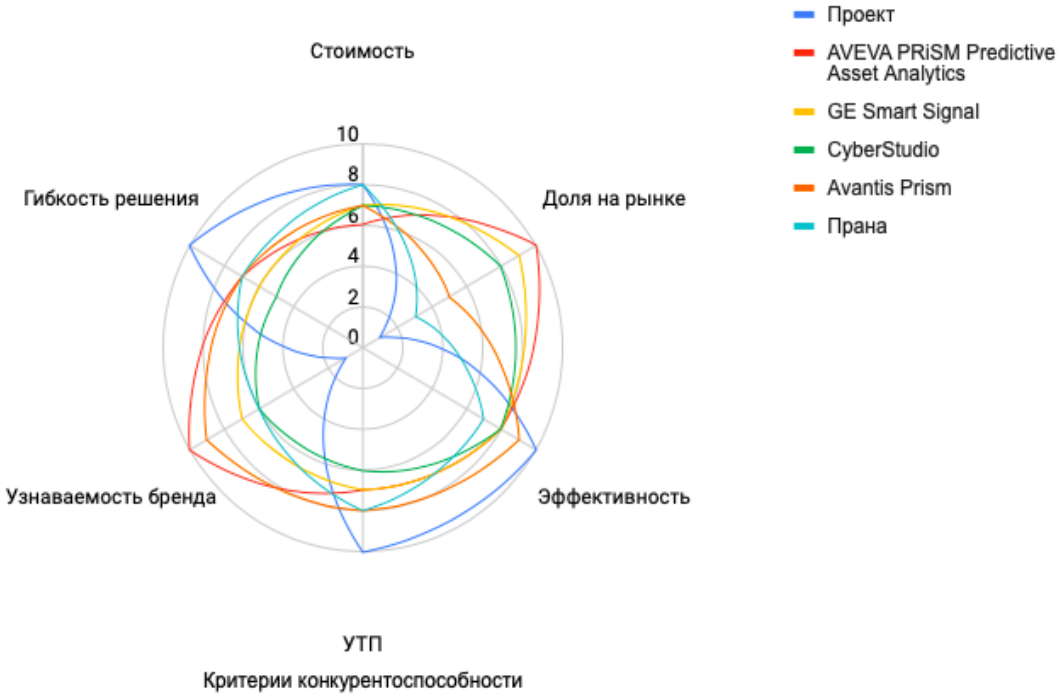


Рисунок. Оценка конкурентоспособности

В результате анализа можно сделать вывод, что проектное решение – предиктивная диагностика имеет преимущество в стоимости, гибкости решения, эффективности и УТП.

При расчете показателей экономической эффективности проекта предиктивной диагностики можно сделать следующие выводы:

1. Система имеет меньший срок окупаемости.
2. Задействует меньшее число сотрудников, но требует повышения их квалификации.
3. Сокращает трудоемкость изготовления продукции.

4. Увеличивает стоимость основных средств (ОС) в три раза.
5. Имеет высокую рентабельность – 87% на третий год реализации проекта.

Следовательно, система предиктивной диагностики технологического оборудования экономически более эффективна, нежели система мониторинга.

Помимо этого, при оценке инвестиционной привлекательности было выявлено, что NPV составляет 123,96 млн руб.

Далее были рассмотрены этапы внедрения на предприятии. Было выявлено, что этапы и сроки внедрения напрямую зависят от уровня технической подготовки предприятий и степени развития АСУ ТП на каждом [1]. Например, внедрение системы предиктивной диагностики методом интеллектуального анализа данных на АО “ПО “Севмаш” и на АО “Пролетарский завод” будет состоять из разных этапов, так как первое предприятие более технологически оснащено, более 20 лет автоматизирует все производственные процессы. Однако, в настоящее время, фокус судостроительных предприятий больше на автоматизации проектно-конструкторской документации, научно-технологической подготовки производства и оперативного планирования и управления.

Так, в 2005 году АО “ПО “Севмаш” и фирма “АСКОН” начали разработку объединенного информационного пространства для контроля и управления ТПП. Внедрение автоматизированных систем подготовки производства на АО “ПО “Севмаш” показало, что использование современных технологий позволяет значительно уменьшить скорость выпуска готовой продукции без ухудшения ее качества.

Также в 2000 г. перед Балтийским заводом встал очень важный вопрос – решение проблем информатизации и автоматизации. Благодаря внедренной системе BAAN складские остатки уменьшились более чем на 20%. Также изменился и профиль заказов. Строятся новые корабли, по новым проектам, что также сказывается на оставшихся материалах и изделиях. Благодаря интеллектуальной системе ведется контроль запасов, которые были не востребованы в любой период времени. В последствии принимается решение, использовать эти детали в других производствах или утилизировать.

Передовые предприятия судостроительной промышленности планомерно осваивают автоматизацию на разных этапах жизненного цикла продукции. Однако для полного перехода на технологии “Индустрии 4.0” еще предстоит пройти долгий путь, который позволит предприятиям обеспечить автоматизацию и управление технологическими процессами и производствами [5].

В настоящее время, требуется полное техперевооружение предприятий для внедрения предиктивной диагностики технологического оборудования методом интеллектуального анализа данных – как наиболее эффективного инструмента автоматизации производственных процессов [1, 5]. Именно предиктивная диагностика позволяет:

1. Выявлять аномалии технологических процессов.
2. Прогнозировать развитие отклонений.
3. Разрабатывать цифровой двойник.
4. Обучать нейронные сети по данным в реальном времени.
5. Является наиболее экономически эффективным решением.
6. Инвестиционно привлекательно.

Процесс обновления производственных мощностей судостроительных предприятий неизбежен, с учетом износов и загрузок, поэтому дальнейшим направлением исследования является оценка и этапы внедрения системы предиктивной диагностики методом интеллектуального анализа данных в информационные потоки с учетом разной технологической подготовки производственных предприятиях судостроительной промышленности.

Список использованных источников

1. Акаткин Ю.М., Карпов О.Э., Конявский В.А., Ясиновская Е.Д. Цифровая экономика: концептуальная архитектура экосистемы цифровой отрасли // Бизнес-информатика. 2017. №. 4(42). С. 17–28.

2. Бурцев В.М. Технология машиностроения. В 2 т. / В.М. Бурцев, А.С. Васильев, А.М. Дольский [и др.]. - М.: Изд-во МГТУ им. Баумана. 2001. Т. 1. 564 с.
3. Грас Джоэл, Data Science. Наука о данных с нуля: Пер. с англ. - 2-е изд., перераб. и доп. - СПб.: БХВ-Петербург. 2021. 416 с.
4. Таненбаум Э., Уэзеролл Д. Компьютерные сети. 5-е изд. — СПб.: Питер. 2012. 960 с.
5. Фельдштейн Е.Э. Автоматизация производственных процессов в машиностроении: Учебное пособие / Е.Э. Фельдштейн, М.А. Корниевич. - М.: Инфра-М. 2019. 208 с.

УДК 536.629.7

МОДЕРНИЗАЦИЯ ДАТЧИКА ТЕПЛОВОГО ПОТОКА

Перевозчикова Е.И.[1] *(студент)*

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Лукьянов Г.Н.[1]

[1]*Университет ИТМО*

e-mail: ekaterinaperevozchikova@yandex.ru

Для измерения количества тепловой энергии, проходящую через ту или иную поверхность используют датчики теплового потока. С помощью таких датчиков измеряют величины теплопотерь систем, обеспечивающих необходимую температуру в помещениях. В данной работе рассмотрен метод измерения и принцип действия инновационного датчика теплового потока на основе сегнетоэлектрика с целью модернизации датчика и дальнейшей рекомендации его в качестве прибора для учета тепла в квартирах.

Ключевые слова
Тепловой поток, количество тепловой энергии, датчик теплового потока, сегнетоэлектрик, инновационный датчик теплового потока, поляризация сегнетоэлектриков.

Для оценки теплового состояния исследуемого объекта необходимо знать его температурное поле и тепловые потоки [1]. При этом простое измерение температуры не может описать полную картину теплового состояния, которую можно было бы считать адекватной, так как одной и той же температуре могут соответствовать разные значения теплового потока.

Тепловые потоки представляют собой количество тепловой энергии, излучаемой, передаваемой или поглощаемой какой-либо поверхностью за единицу времени [2]. Та же величина, отнесенная к единице поверхности, называется удельным тепловым потоком. Существуют разные способы измерения теплового потока, условно их можно разбить на две группы: измерение теплового потока, прошедшего через плоскую пластину, на основе измерений перепада температур на этой пластине (метод типа «вспомогательная стенка) и метод, основанный на измерении количества теплоты, поглощенной телом датчика. Однако оба способа обладают существенными недостатками. Так, у датчика типа «вспомогательная стенка» есть необходимость в точном измерении перепада температуры на подложке датчика, для чего приходится увеличивать толщину подложки и делать чувствительный элемент, например, на основе многоспайной термопары. Для увеличения чувствительности датчика второго типа также необходимо увеличивать толщину подложки, что влечет за собой увеличение массы и габаритов датчика, а вместе с тем повышение его теплоизоляционных свойств. Это, в свою очередь, приводит к возрастанию методической погрешности измерения потока. Вследствие этих причин оба этих способа также обладают невысоким быстродействием.

На данный момент широкое применение для решения различных задач, в том числе при создании новых типов датчиков, получили материалы, обладающие сегнетоэлектрическими свойствами [3, 4]. Сегнетоэлектрики имеют сильную зависимость диэлектрической проницаемости от температуры, самопроизвольно поляризуются, и при этом деформируется их кристаллическая решетка. Степень поляризации зависит от поглощенного тепла [5–7]. На основе такого материала создан новый метод измерения теплового потока и инновационный датчик теплового потока (датчик) [8, 9]. Новизна предлагаемых метода и датчика на его основе заключается в использовании сегнетоэлектриков в качестве чувствительного элемента. Преимуществами предлагаемого метода является низкая себестоимость и малая инерционность датчика.

В качестве материала, обладающего сегнетоэлектрическими свойствами для датчика, был выбран образец из $BaTiO_3$ с точкой Кюри при температуре 395°C, так как только у данного образца зависимость ёмкости от температуры имеет равномерный характер без резких изменений в заданном диапазоне температур (рис. 1).

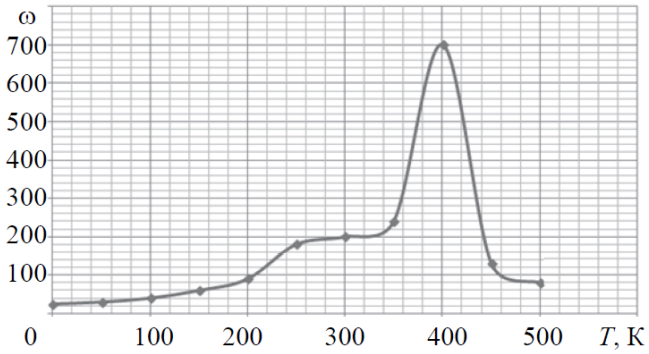


Рис. 1. Зависимость диэлектрической проницаемости ε титаната бария от температуры [6]

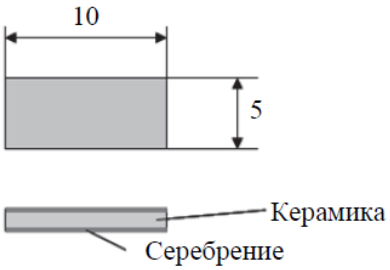


Рис. 2. Чувствительный элемент датчика

Чувствительный элемент предлагаемого инновационного датчика изготовлен в виде плоской пластины из сегнетоэлектрической керамики, с напыленными на грани металлическими обкладками, образующими конденсатор, емкость которого зависит от количества поглощенного тепла и температуры (рис. 2).

При воздействии теплового потока на чувствительном элементе датчика может формироваться как положительный, так и отрицательный заряд, в зависимости от направления потока, что создает проблемы при снятии показаний [10, 11]. Для преодоления этих проблем использована электрическая схема на основе интегратора, в цепи обратной связи которого расположен датчик теплового потока. Датчик представляет собой конденсатор и заряжается за счет спонтанной поляризации при прохождении через него потока тепла. Разряд датчика осуществляется ключом Кл реализованном на аналоговом мультиплексоре (рис. 3). Период заряда-разряда пропорционален поглощенному тепловому потоку.

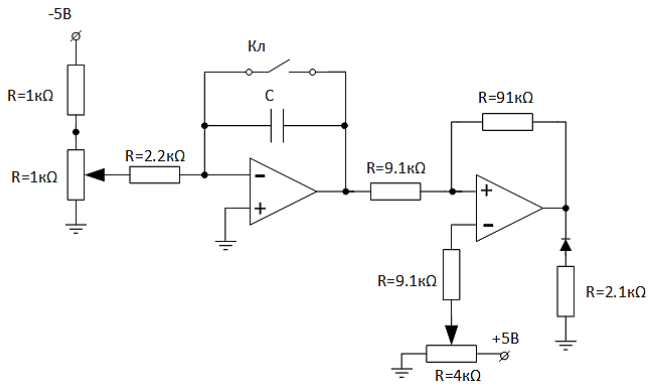


Рис. 3. Электрическая схема инновационного датчика теплового потока

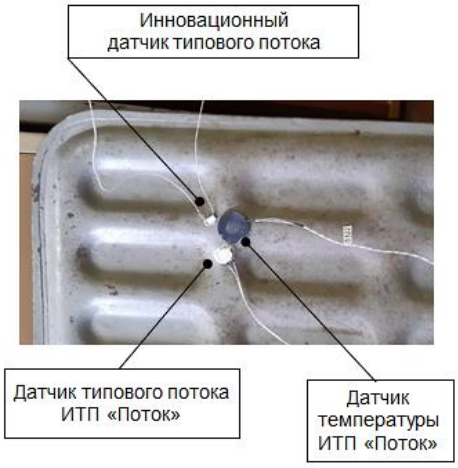


Рис. 4. Радиатор с установленными на нем датчиками

При апробации был проведен эксперимент по сравнению показаний испытуемого датчика теплового потока, с показаниями выпускаемых промышленностью датчиков с заведомо известной градуировкой. В качестве источника тепла выступал электрический радиатор с жидкостным теплоносителем. На него были установлены три датчика (рис. 4), два из которых входят в состав измерительного комплекса ИТП МГ4.03/X(Y) «Поток»: датчик измерения

теплового потока типа «вспомогательной стенки», датчик температуры, входящие в состав измерительного комплекса, а также на радиатор был установлен предлагаемый датчик из сегнетоэлектрической керамики.

После снятия показаний было построено два типа графиков – до нагревания и после (рис. 5–8). Для удобства анализа показания были объединены в таблицу. Данные были подвергнуты кубической аппроксимации. Из представленных характеристик можно сделать вывод, что аппроксимированные кривые зависимости периода колебательного сигнала схемы от температуры и теплового потока имеют более линейный вид при показаниях, снятых во время остывания датчика. Предполагается, что такое явление можно объяснить скорость протекания процесса теплообмена. При включении в электросеть нагревателя его температура начала моментально расти, а после выключения питания процесс обмена тепловой энергией с окружающей средой проходил в разы медленнее. Из-за этого показания с датчиков выглядят более стабильными.

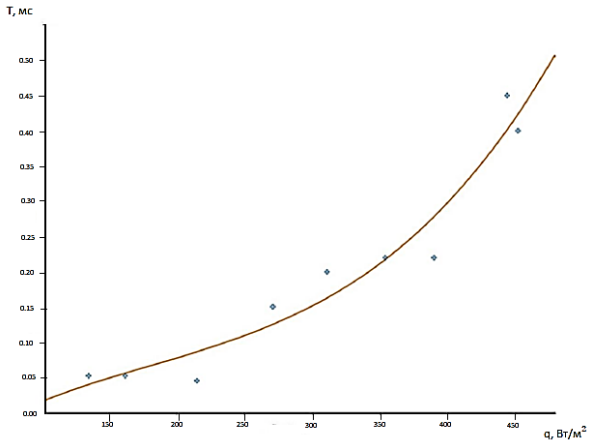


Рис. 5. Зависимость периода выходного сигнала интегратора от теплового потока q при нагреве радиатора

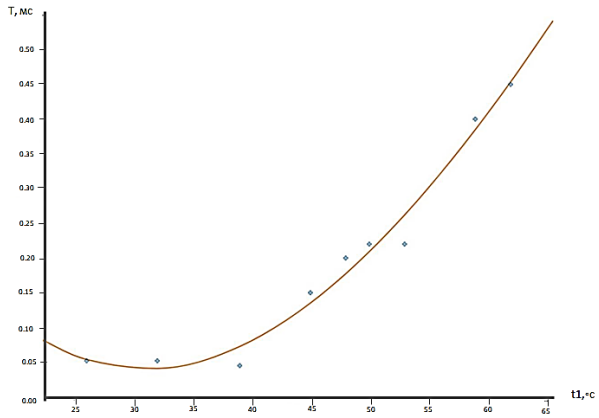


Рис. 6. Зависимость периода выходного сигнала интегратора от температуры t1 при нагреве радиатора

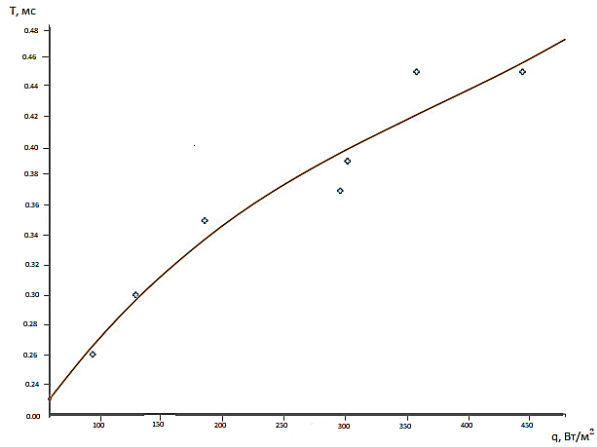


Рис. 7. Зависимость периода выходного сигнала интегратора от теплового потока q при охлаждении радиатора

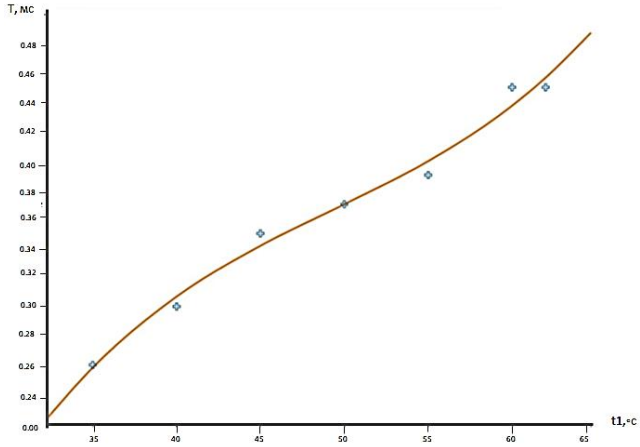


Рис. 8. Зависимость периода выходного сигнала интегратора от температуры t1 при охлаждении радиатора

В работе была разработана схема датчика теплового потока на основе сегнетоэлектрической керамики. Проведены испытания инновационного датчика, а также его градуировка с использованием датчиков для измерения теплового потока с уже известной шкалой, что позволит внести его в Государственный реестр средств измерения. Данное исследование демонстрирует возможность работы с инновационным датчиком теплового потока и его дальнейшее изучение для практического применения.

Таблица

Зависимость периода выходного сигнала от температуры T и теплового потока q, измеренных прибором «Поток»

№ эксперимента	t_1°C	T, мс	q, Вт/м^2
1	26	0.052	135
2	32	0.052	162
3	39	0.054	215
4	45	0.15	271
5	48	0.2	311
6	50	0.22	354
7	53	0.22	390
8	59	0.4	452
9	62	0.45	444
10	60	0.45	358
11	55	0.39	302
12	50	0.37	296
13	45	0.35	186
14	40	0.3	130
15	35	0.26	95

Список использованных источников

1. Геращенко О.А. Основы теплометрии. Киев: Наукова думка. 1971. 191 с.
2. Большой энциклопедический словарь / гл. ред. А.М. Прохоров. – Москва: Советская энциклопедия; Санкт-Петербург: Фонд "Ленингр. галерея". 2002. 1628 с.
3. Мудрецова С.Н., Майорова А.Ф. Новые принципы измерения тепловых потоков // Вестник МГУ. Химия. 1999. С. 219–222.
4. Панич А.Е., Левина Т.Г. Физика сегнетоэлектрической керамики: Учебное пособие. Ростов-на-Дону: РГУ. 2002. 45 с.
5. Ржанов А.В. Титанат бария - новый сегнетоэлектрик // УФН. 1949. Т. 38. С. 461–489.
6. Мудрецова С.Н., Майорова А.Ф. Новые принципы измерения тепловых потоков // Вестник МГУ. Химия. 1999. Т. 40. №. 4. С. 219–222.
7. Барфут Дж. Введение в физику сегнетоэлектрических явлений. М.: Мир. 1970. 352 с.
8. Способ измерения теплового потока / Лукьянов Г. Н., Мастин М.С., Протопопов А.Л.; пат. RU 2488080; заявл. 24.02.12; опубл. 20.07.2013.
9. Устройство для измерения теплового потока / Лукьянов Г.Н., Мастин М.С., Протопопов А.Л.; пат. RU 124795; заявл. 08.06.12; опубл. 10.02.2013.
10. Каллаев С.Н., Гаджиев Г. Г., Камилов И.К., Омаров З.М., Садыков С.А., Резниченко Л.А. Теплофизические свойства сегнетокерамики на основе ЦТС // ФТТ. 2006. Т. 48 №. 6. С. 1099–1100.
11. Струков Б.А. Сегнетоэлектричество в кристаллах и жидких кристаллах: природа явления. Фазовые переходы, нетрадиционные состояния вещества // Соросовский образовательный журнал. 1996. №. 4. С. 81–89.

УДК 004.91

РУССКОЯЗЫЧНАЯ СИСТЕМА ВЁРСТКИ НАУЧНЫХ СТАТЕЙ И ДОКУМЕНТОВ

Прокофьев К.В.[1] *(аспирант)*

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент Иванов С.В.[1]

[1]*Университет ИТМО*

e-mail: kirill_prokofiev@itmo.ru

Рассмотрен инструментарий рабочего цикла учёного на этапе научного писательства. Выделены ключевые потребности писателя в рамках подготовки и компиляции научной статьи. Проанализирован текущий мировой применяемый инструментарий, разобраны ключевые достоинства и недостатки. На их базе предложен новый ориентированный на российских учёных инструментарий с учётом национальных особенностей. Выполнено сравнение инструментов, продемонстрированы достоинства и недостатки, примеры применения разработки.

Ключевые слова

Редактор текста, компиляция статьи, подготовка документов, управление библиографией, база изображений, база формул, база таблиц, база литературы.

Современный научный процесс состоит из нескольких последовательных этапов, каждый из которых ощутимо влияет на результативность проводимого исследования. Всего в научном цикле выделяется пять этапов.

Этап анализа проблематики заключается во всестороннем разборе современной картины мира, постановки научной проблемы и изучении принципиальных методик её решения. В процессе разработки проблемы учёные интенсивно задействуют наукометрический и библиографический аппараты и инструментарий, а также другие разнообразные способы анализа рынка.

Следующий этап непосредственного проведения исследований является основополагающим в научном цикле. Дополнительно к библиографическому аппарату зачастую подключаются методики моделирования, теоретическая разработка проблемы. Привлекается экспериментальное оборудование и специализированные лаборатории.

Главнейший этап подготовки результатов исследований сводит полученные знания и выводы, объединяет их в конечную предметную форму, реализующую решение поставленной проблемы. На этом участке научного цикла производится сбор и подготовка сопроводительных материалов: изображений, формул и таблиц.

Работа посвящена этапу научного писательства, который воплощает предметные результаты исследований в демонстрационную статью, выступление на конференции и т.д. В процессе наполнения статьи учёные вынуждены взаимодействовать с различными аспектами подготовки: стандартны оформления и заполнения научных текстов, поиск и применения шаблонов, встраивание результатов исследований, отслеживание и сортировка связей логических блоков текста. Традиционно в научном писательстве задействуется целый пакет программного обеспечения, включающий системы библиографии, набора и стилизации текста, подготовки и оформления материалов [1]. Большая часть подобных систем ориентирована на английский язык и иностранные стандарты.

Последним этапом цикла выделяется публикация статьи в научном журнале. Для выбора редакции используется вся мощь наукометрического аппарата и соответствующий инструментарий. Помимо прочего учёные сталкиваются с элементами делопроизводства, особенно в области защиты интеллектуальных прав.

Ключевая проблема рассматриваемого работой этапа научного писательства заключается в отсутствии единой стандартизированной системы создания научных текстов в контексте

российских учёных в современных реалиях. Проблема усугубляется сложной технико-экономической обстановкой, уходом с российских рынков популярных научных сервисов и закрытием доступа к текущим используемым научным инструментам.

Инструменты, применяемые на этапе научного писательства, разделяются на три доминирующие группы. Офисные редакторы, например Microsoft Word, осуществляют функции, связанные с непосредственным набором текста, вставкой и оформлением результатов исследований (изображений, формул, таблиц, библиографии), организацией и обновлением связей логических блоков, например названий изображений. На сегодняшний день большинство таких редакторов не предоставляют приемлемых механизмов автоматизации указанных функций. Так, при изменении названий или порядка следования изображений в тексте статьи требуется вручную обновлять все связи, а также перенумеровывать остальные включённые в текст изображения. Некоторые плагины, например Mendeley, добавляют малую часть упущенной автоматизации, но в то же время являются сторонними приложениями, требующими установки и синхронизации. Стилизация статьи в соответствии со стандартами (в первую очередь ГОСТ) осуществляется вручную. Шаблоны подавляющей частью редакций, например текущей, не предоставляются, несмотря на апелляцию к опыту взаимодействия с высокорейтинговыми журналами.

Программируемые генераторы текстов, например семейство TeX/LaTeX, компилируют итоговые статьи на основе набора файлов, которые программируются учёными. Установка компиляторов является трудновыполнимой для неподготовленного человека задачей, в том числе настройка поддержки русского языка, который не работает после выполнения официальной инструкции. Писательство выполняется за три шага. Первоначально происходит разметка шаблона статьи на специальном компьютерном языке. Затем в разметку встраивается наполнение с учётом всех её особенностей. Далее осуществляется компиляция в конечный файл с применением множества плагинов, расширений и библиотек, которые требуется предварительно найти, изучить, установить и настроить. Идея программируемого текста не нова и благородна: отделить содержание от стилизации. Современная реализация этой замечательной идеи только замедляет производство научных статей и накладывает множество дополнительных требований на учёного. Он должен выучить специальный компьютерный язык для набора текста. Компьютерные команды перемешаны между текстом. Существует множество альтернативных недокументированных способов реализовать одну и ту же разметку. Стилизация требует от учёного дизайнерского мастерства и знания тонкостей работы компьютерных команд.

Системы управления библиографией, например Mendeley или Zotero, отлично выполняют свои задачи – управление библиографией: сбор, сортировка, каталогизирование и комментирование литературы. Специальные плагины для офисных текстовых редакторов позволяют выгружать целые каталоги несколькими кликами. Тем не менее, являются облачными сервисами, требуют соединения с интернетом и синхронизации с серверами. Без установки специальных плагинов или приложений ограниченно функционируют в качестве веб-сайтов. Позволяют выгружать список литературы в множестве популярных форматов, кроме ГОСТ, который требуется устанавливать отдельно. В целом являются практичным удобным инструментарием, не учитывая зависимость от интернета.

Системы управления изображениями, формулами и таблицами не получили широкого распространения и должного развития. Вместо них используются соответствующие офисные редакторы. Материалы управляются на уровне файловой системы. Присутствуют ограниченные возможности интеграции популярных офисных форматов материалов в офисные текстовые редакторы.

Проведена экспертная оценка групп инструментария писательства в шести важнейших категориях. Поддержка русского языка – неотъемлемая часть современного научного мира. Русский язык по умолчанию встроен в различные офисные редакторы, что позволяет автоматически находить потенциальные лингвистические ошибки. Системы управления библиографией спроектированы с учётом интернационального применения. И, хотя

целенаправленная поддержка кириллицы как таковая отсутствует, что ведёт к незначительным ошибкам и требует знания английского языка от учёного, в целом современные системы успешно справляются с задачей. В свою очередь инструменты семейства TeX/LaTeX не могу похвастаться какой-либо поддержкой русского языка, поэтому выпущены дополнительные пакеты, которые реализуют упущенную функциональность. Тем не менее поиск, установка и подключение упомянутых пакетов к проекту научной статьи является нетривиальной задачей, требующей продвинутых навыков использования системы от учёного. Усугубляют ситуацию некорректные официальные инструкции и неофициальные мануалы по подключению русского языка в интернете. Каждый подобный мануал предлагает свой альтернативный способ, что может запутать пользователя ещё больше.

Немаловажным является и поддержка российской стилизации научных текстов, в первую очередь выполнение ГОСТ. Редакторы текста не реализуют данную функциональность, перекладывая ответственность за оформление статьи на учёного, который вынужден искать и изучать стандартны или шаблоны. Некоторые редакции при запросе публикации предоставляют стилизованные шаблоны, некоторые – самостоятельно оформляют в соответствии с требуемым стилем. Однако большинство научных редакций передают ответственность за оформление писателю. Библиографические инструменты оказывают малый вклад в стилизацию, потому что от них требуется исключительно оформление списка использованной литературы. Рассмотренные сервисы предоставляют такую возможность в различных стандартах цитирования, среди которых нет ГОСТ, но его можно подключить, осуществив самостоятельный поиск и установку специального пакета в интернете. LaTeX наравне с библиографическими системами использует публичную базу стандартов цитирования, где отсутствует ГОСТ, поэтому для генерации списка литературы необходимо установить дополнительный пакет. Также от писателя требуется создать или установить из интернета соответствующий пакет стандартной разметки и оформления. В случае нестандартных требований пользователю предлагается запрограммировать недостающие элементы оформления самостоятельно.

Немаловажными категориями оценивания являются удобство установки и удобство применения инструментария. Офисные текстовые редакторы имеют искусно настроенный интерфейс пользователя, но не реализуют некоторую неотъемлемую функциональность научного писательства. Устанавливаются редакторы непросто, требуют подключения к облачным сервисам, регистрации зарубежных аккаунтов, зачастую подключения банковской карты. Жёстко привязаны к интернету и сильно ограничены в моменты его отсутствия наравне с системами управления библиографией, который также требует регистрации и постоянной синхронизации. Установка плагинов для текстовых редакторов - отдельная задача. LaTeX в данных категориях безоговорочный лузер – от пользователя требуется пройти предварительный курс обучения компьютерному языку, изучить множество мануалов по установке и настройке компиляторов, программ и пакетов. Процесс компиляции итогового документа неочевиден. Смешанный текст из содержания статьи и программного кода, множество зависимостей и требований, несколько файлов в проекте занижают пользовательский опыт и разрушают первоначальную концепцию этого программного обеспечения. Однако при должной подготовке позволяет не терять времени на второстепенные задачи, а в редких случаях даже ускоряет процесс писательства.

Нельзя не отметить интеграцию баз и систем управления материалами исследований (изображениями, таблицами, формулами) и библиографией. Офисные текстовые редакторы таких возможностей не предоставляют. Системы управления библиографией предоставляют, очевидно, исключительно библиографическую базу. Инструментарий семейства TeX/LaTeX напротив позволяет свободно подключать к проекту статьи из различных баз с различной структурой. При наличии навыков программирования у научного писателя не только в LaTeX, но и на специальном языке программирования позволяет реализовывать действительно сложные и запутанные реляционные базы в обмен на время учёного, которое придётся забирать у исследований.

Автоматическая вставка, сортировка, именование, нумерация, обновление и т. п. частично присутствует в офисных текстовых редакторах. К сожалению, все они ориентированы на английский язык, поэтому данная функциональность практически не применима в контексте российского научного писательства. Библиографические системы реализуют описанные функции только для литературы, что не может не радовать, но сильно не отражается на статье в целом. Автоматическая вставка библиографических ссылок и вовсе работает ограниченно. LaTeX позволяет запрограммировать ссылки и другие материалы в любом требуемом виде и стиле.

В работе рассматривается способ повышения продуктивности научного писательства путём применения, ориентированной на русский язык и российские стандарты системы набор текста «GOST Text». В основу работы с содержанием статьи заложен метод набора WYSIWYG [2], который реализует подход визуального конструирования (рис. 1). От научного писателя не требуется никаких априорных навыков – все действия интуитивно понятны и аналогичны практикуемым в традиционно используемых офисных редакторах текста. Статья автоматически и интерактивно оформляется в соответствии с выбранным стилем (по умолчанию ГОСТ). Реализована полная поддержка русского языка.

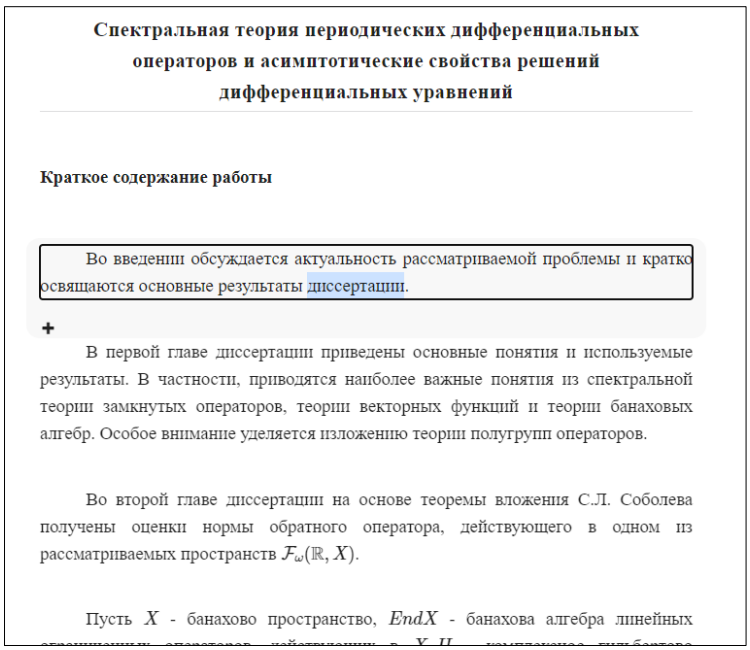


Рис. 1. Пример редактирования содержимого статьи

Установка приложения осуществляется без привязки банковской карты, сложной регистрации или иных облачных препятствий – пользователь скачивает файл и запускает его (рис. 2). Отсутствует необходимость предварительной подготовки, установки и настройки. От пользователя не требуется осуществлять поиск и установку дополнительных плагинов, библиотек или иных пакетов.

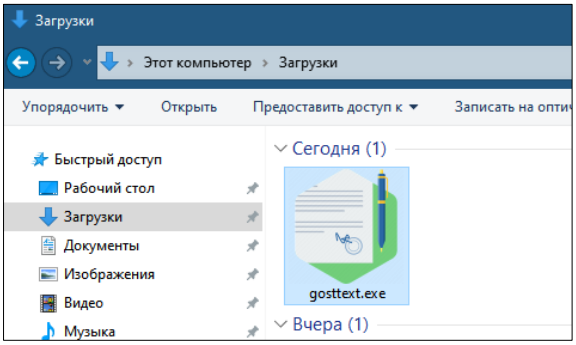


Рис. 2. Пример загрузки, установки, настройки и запуска приложения

В приложение интегрированы системы управления и соответствующие базы библиографии, изображений, таблиц и формул (рис. 3). Последние две системы позволяют не только подключать и управлять существующими материалами, но и создавать новые в визуальном конструкторе. На рисунке 3 представлен пример библиографической базы. Кнопка «Подробнее» позволяет изучить метаданные литературы. Кнопки «Читать» или «Скачать» позволяют ознакомится с текстом литературы прямо во время работы над статьёй. Кнопка «Вставить» активирует функционал автоматической вставки и т.п. в текст статьи; справа отображён учёт включений. Системы позволяют вставлять материалы в текст статьи, осуществляя автоматическое связывание и учёт. Реализована не только автоматическая вставка элементов статьи, но и их сортировка, нумерация, именование и обновление в случае изменения. При перестановке элементов все связи также автоматически обновляются. Интегрированная библиографическая база обладает дополнительной функцией загрузки полного текста статьи для ознакомления прямо во время набора текста.

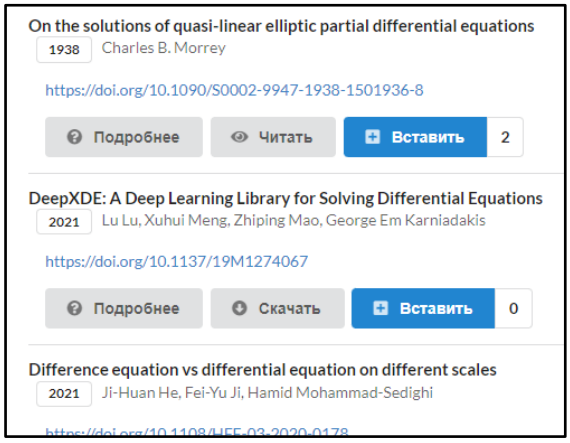


Рис. 3. Пример библиографической базы, интегрированный в проект научной статьи

По завершении работы с научным текстом доступны несколько вариантов экспорта. Помимо стандартного экспорта в формат *.pdf поддерживаются и другие форматы, в том числе MS Word (. *docx) (рис. 4). Возможно отдельно экспортировать базы материалов. Реализованы другие стили оформления, помимо ГОСТ, а также осуществимо создать собственный стиль.

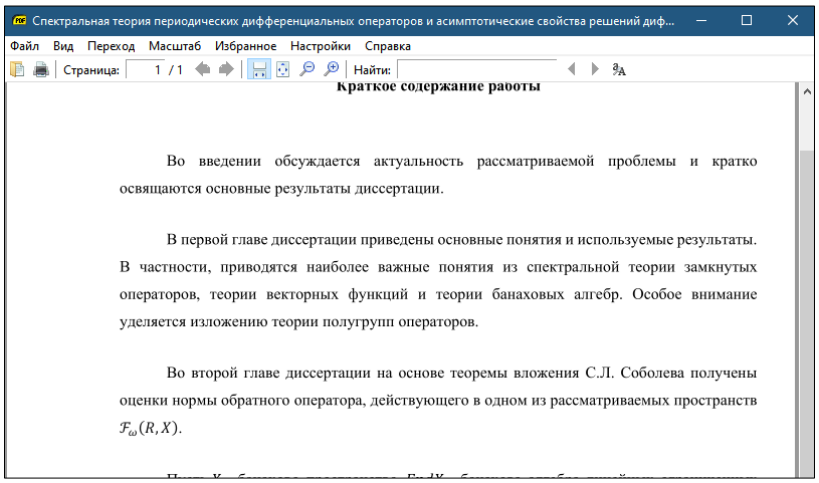


Рис. 4. Пример экспорта научной статьи в формат *.pdf. Результирующий файл также оформлен согласно ГОСТ

Проведена и нормализована экспертная категориальная оценка разработанного приложения, которая соотнесена с рассмотренными традиционными группами инструментария научного писательства (рис. 5).

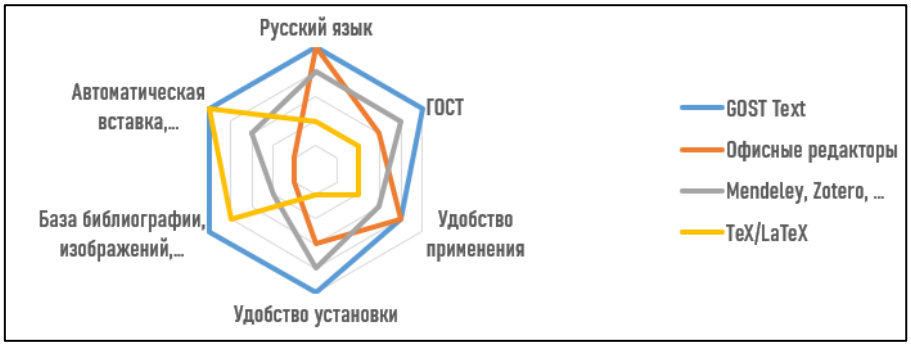


Рис. 5. Визуализация нормализованного категориального сравнения различного инструментария научного писательства

«GOST Text» повышает продуктивность процессов научного писательства, высвобождает время учёных на приоритетные процессы, в том числе проведение более качественных научных исследований. Обладает рядом преимуществ перед текущими аналогами. Базируется на методе визуального конструирования, который, будучи подкреплённым автоматическим оформлением по ГОСТ, предоставляет практически готовый к публикации проект документа. Дополнительно в систему интегрированы базы сопутствующих материалов. Встроены функции автоматической вставки, сортировки и оформления. Бонусная функция базы библиографии позволяет автоматически скачивать полные тексты. Присутствует поддержка шаблонов и международных стандартов. Реализована функция экспорта в другие популярные форматы, например MS Word. Система ощутимо упрощает работу с текстами, позволяя новым молодым лицам быстрее погрузиться в научный процесс.

Список использованных источников

1. Singh V., Mayer P. Scientific writing: Strategies and tools for students and advisors // Biochem. Mol. Biol. Educ. 2014. Vol. 42. Pp. 405-413. https://doi.org/10.1002/bmb.20815.
2. Brad A. Myers. A Brief History of Human Computer Interaction Technology // ACM interactions. 1998. Vol. 5. №. 2. Pp. 44-54.

УДК 004.852

МУЛЬТИМОДАЛЬНЫЕ ГЕНЕРАТИВНЫЕ НЕЙРОННЫЕ СЕТИ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ГЕНЕРАЦИИ ОТВЕТОВ НА STACK OVERFLOW

Рванова Л.[1] *(аспирант)*

Научный руководитель – кандидат технических наук Ковальчук С.В.[1]

[1]*Университет ИТМО*

e-mail: alfekka@itmo.ru

В работе рассмотрено применение генеративных нейронных сетей для автоматической генерации ответов на вопросы в домене программирования. Сложность задачи заключается в мультидоменности вопросов и ответов, в которых сочетаются обычный текст, код и изображения. Исследуется возможность генеративных нейронных сетей отвечать на вопросы по разным тематикам в домене обычного текста на примере Stack Overflow.

Ключевые слова
Киноа, разработка рецептур, белковая составляющая продукта, аминокислотный состав, морожено GPT-Neo, Stack Overflow, генерация текста, тематическое моделирование.

Генеративные нейронные сети широко распространены и активно исследуются. Одной из задач, решаемых генеративными нейронными сетями, является автоматическая вопросно-ответная система. Интересным является и применение данных сетей для специфических доменов, например программирования. Нашей задачей является исследование возможностей генеративных нейронных сетей отвечать на вопросы, подобные вопросам с ресурса Stack Overflow. Сложность данной задачи заключается в мультидоменности и мультимодальности вопросов и ответов — в них встречаются одновременно обычная речь, код, изображения и другие. Также имеет место большое разнообразие тем внутри домена программирования — имеет смысл исследовать генерацию ответов для каждой темы в отдельности.

На сегодняшний день современные архитектуры генеративных нейронных сетей хорошо справляются с общими вопросами, включая фактические. Примерами таких архитектур являются GPT-2 и GPT-3. Одной из новейших моделей является ChatGPT, которая запоминает контекст разговора и справляется с мультимодальной генерацией ответов. Для вопросо-ответных систем так же используются seq-to-seq трансформеры. Одной из использующихся моделей является T5, которая является мультизадачной.

В статье [1] исследуется возможность автоматического закрытия низкокачественных вопросов на Stack Overflow. Они предложили фреймворк, собирающий семантическую информацию о вопросах с помощью трансформеров, включая информацию из тегов. В статье [2] была изучена генерация текстов с помощью обучения на малом количестве примеров. В большинстве случаев обучение на большом количестве данных работает лучше, чем few-shot learning, но в случае использования больших языковых моделей данный метод также может работать. В работе использовалась архитектура GPT-3 с 175 миллиардами параметров. Исследователи из статьи [3] утверждают, что в задаче Open-Domain Question Answering можно достичь хороших результатов при использовании комбинации ретриверов на уровне документов с генерацией текста.

Необходимо выделить основные темы вопросов и исследовать влияние тем на качество генерации. В качестве данных использованы вопросы и ответы на Stack Overflow. В качестве данных использовался обычный текст, остальные данные были отфильтрованы. Выбраны данные за последние полгода, в качестве ответов использовались ответы с наивысшим рейтингом и одобренные ответы.

Для формирования тем вопросов было проведено тематическое моделирование заголовков вопросов и тегов. Моделирование проводилось двумя методами: LDA (Latent Dirichlet Allocation) и CTM (Correlated topic models). При подборе оптимального количества тем был проведен перебор количества тем от 1 до 15. Для понижения размерности словаря при моделирования использовалась лемматизация и TF-IDF для определения стоп-слов и редких слов. При определении оптимального количества тем в качестве метрики использовался coherence score.

Результаты для моделирования заголовков вопросов представлены ниже. Для обоих методов оптимальное количество тем — 8. В данном случае лучшим из двух методов является CTM, он и выбран в данном случае для дальнейших экспериментов. Основными выделенными темами являются: общие вопросы и работа с данными, системное администрирование, фронтенд, бэкенд и базы данных, DevOps, Java. Часть тем сильно пересекаются.

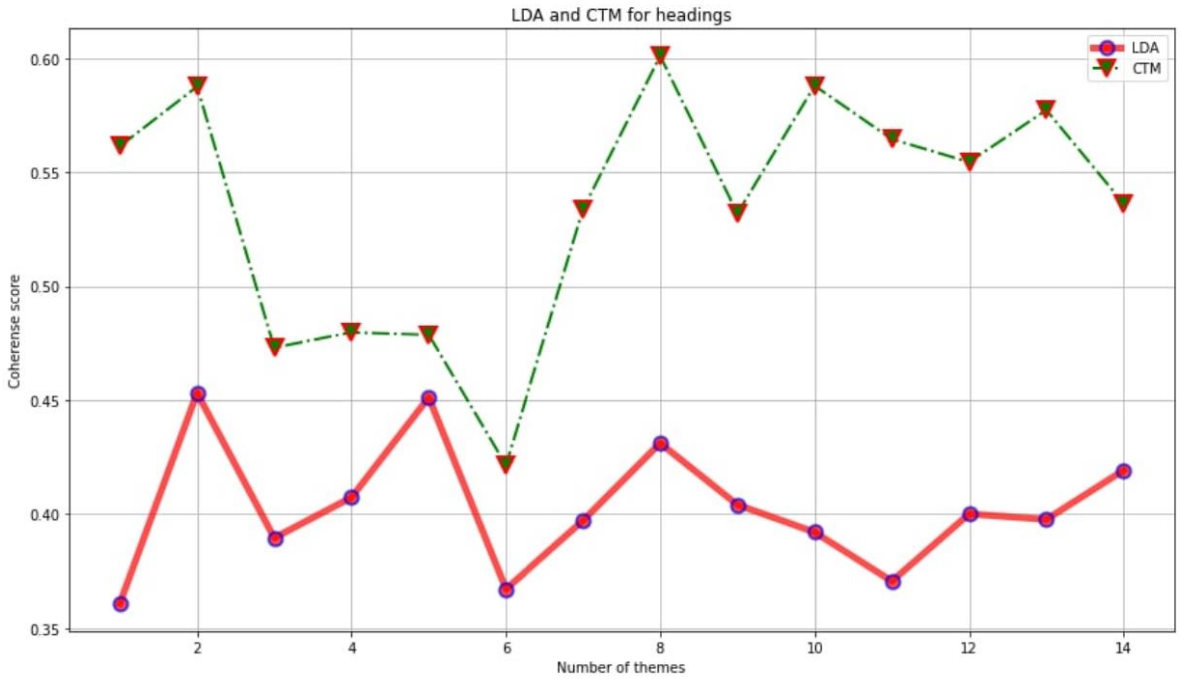


Рис. 1. Тематическое моделирование для заголовков вопросов

Основные ключевые слова для тем, следующие:

1. Time, data, database, order, case, unrestand, process – general questions and data.
2. Version, token, command, project, error, build, package – system adminis- tration questions.
3. Description, norefferimg, alterner image, tr thread, styletextalign, table div, tr tbody – frontend.
4. Azure, access, token, server, api, client, application – backend and database questions.
5. Cloudwatch, cloudflare, attachments, collections, sftp, ms teams, kubernetes cluster – DevOps.
6. English, inevitably, bcnf, pem string, justify, direct channel, subscrible chan- nel – java and databases.
7. Fiscal, deeply, perm strong what, immensely, source directory, looped, alt unloaded.
8. Classesmethods, importing, jsonincludeproperties, javaobjectives, immensely, taget build, puzzled – java.

Более высокие значения метрик показало моделирование тегов вопросов. Оптимальное количество тем для CTM — 7, для LDA — 8. Здесь наилучшим методом является уже LDA. Основные темы: фронтенд и мобильная разработка, бэкенд, вопросы о программном обеспечении, DevOps, 3D разработка. Часть тем сильно пересекаются. Основные ключевые слова для тем, следующие:

1. Android, python selemium, react js, excel formula, html css, my sql, asp net deployment.
2. Visual studio, apache flink streaming, power bidax, python django, google cloud platform, snowflake clout dataplatform, heroku.

3. Git, github, microsoft teams, sql web service, pycharm, kubernetes, angular, res.
4. Visual studio code, java android, algorithm, excel, azure, python 3x, excel pivot table.
5. Flutter dart, mongo db, azure devops, docker, bash, logging, apache kafka consume api.
6. Unity 3d, c, java androin kotlin, camunda, python algorithm, flutter, java mysql spring.
7. Python, powerbi, apache kafka, java, td engine, spring, apache spark,apache spark.
8. Javascript, react, frontend, github, android studio, postgre sql, azure devops.

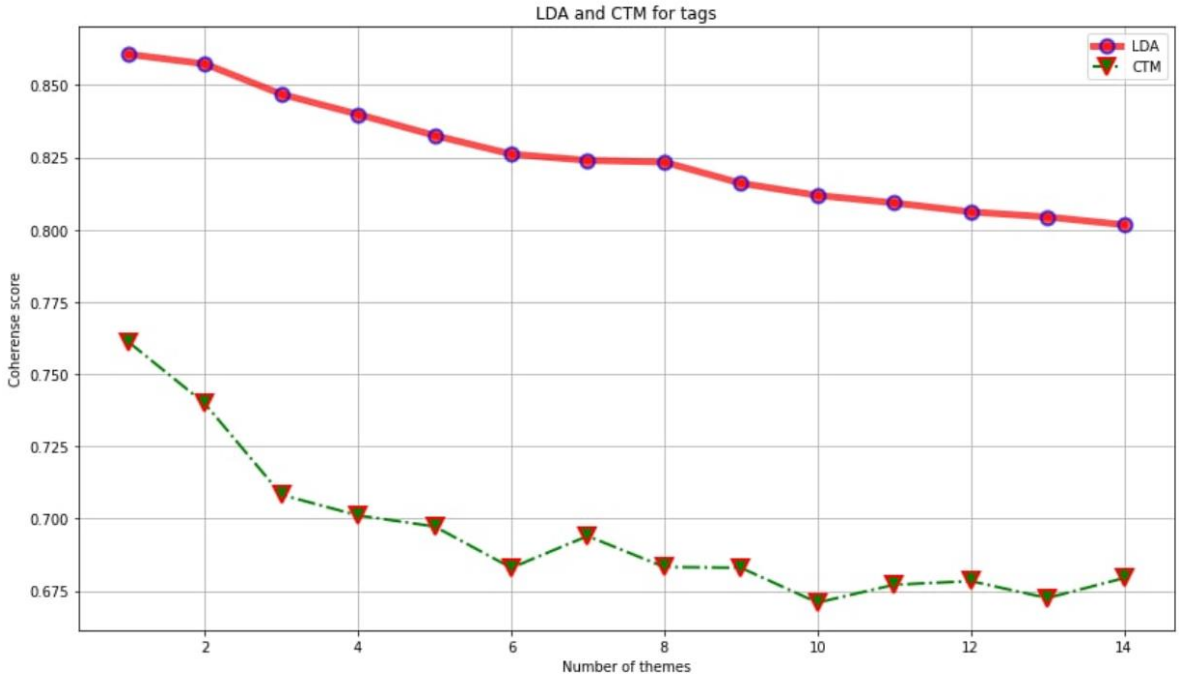


Рис. 2. Тематическое моделирование для заголовков вопросов

Оптимальное количество тем — 8 и для заголовков, и для тегов. Из каждой из тем мы выбрали по 2000 вопросов и провели генерацию с помощью GPT-Neo [4]. GPT-Neo — генеративная нейронная сеть на основе GPT-2, предобученная на датасете Pile. Данная архитектура была натренирована на задаче предсказания следующего слова. Использовалась конфигурация модели с 1,3 миллиардами параметров. Для экспериментов использовался low-shot inference. В качестве метрик использовались ROUGE1, ROUGE2, ROUGEL, ROUGELsum, GoogleBLEU, средняя перплексия и косинусная близость. Результаты для обоих группировок датасета по темам представлены таблицах 1 и 2.

Таблица 1

Генерация с помощью GPT-Neo для группировки по заголовкам

Метрика	Тема 1	Тема 2	Тема 3	Тема 4	Тема 5	Тема 6	Тема 7	Тема 8
ROUGE1	0.16	0.15	0.15	0.15	0.15	0.17	0.17	0.16
ROUGE2	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02
ROUGEL	0.10	0.09	0.10	0.09	0.09	0.11	0.10	0.11
ROUGELsum	0.10	0.09	0.10	0.09	0.09	0.11	0.10	0.11
Google BLEU	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.03	0.02	0.02
Avg perplexity	63.22	43.40	49.15	48.43	54.76	88.70	84.32	65.52
Cos similarity	0.87	0.86	0.88	0.89	0.89	0.89	0.87	0.87

Наиболее хорошо показала себя генерация на теме 6 — базам данных и бэкенду. Наименее успешно сработала генерация для темы 4 — серверы, клиенты и апи.

Таблица 2

Генерация с помощью GPT-Neo для группировки по тегам

Метрика	Тема 1	Тема 2	Тема 3	Тема 4	Тема 5	Тема 6	Тема 7	Тема 8
ROUGE1	0.16	0.16	0.17	0.15	0.15	0.17	0.15	0.16
ROUGE2	0.02	0.02	0.02	0.03	0.01	0.02	0.01	0.02
ROUGEL	0.11	0.11	0.11	0.10	0.10	0.11	0.10	0.10
ROUGELsum	0.11	0.11	0.11	0.10	0.10	0.11	0.10	0.10
Google BLEU	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02
Avg perplexity	67.04	66.69	65.36	71.09	67.97	54.76	61.78	65.41
Cos similarity	0.87	0.88	0.89	0.88	0.88	0.89	0.87	0.87

В данном случае ситуация менее однозначная — в случаях с хорошими n-граммными метриками высокая перплексия и наоборот.

Для отсутствия группировки текстов по темам метрики, следующие:

GPT-Neo хорошо показывает себя даже без дообучения, в особенности в семантической близости. Так же замечено, что для вопросов про программное обеспечение и DevOps качество выше, чем для вопросов про языки программирования. В узкоспециализированных темах падает значение перплексии. Исходя из различий в метриках смысл провести дообучение для каждой из тем по отдельности.

Список использованных источников

1. Arora U., Goyal N., Goel A., Sachdeva N., Kumaraguru P. Ask It Right! Identifying Low-Quality questions on Community Question Answering Services // 2022 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN), Padua, Italy. 2022. Pp. 1–8. DOI: 10.1109/IJCNN55064.2022.9892454.
2. Brown T.B., Mann B., Ryder N., Subbiah M., Kaplan J., Dhariwal P., Neelakantan A., Shyam P., Sastry G., Askell A., Agarwal S., Herbert-Voss A., Krueger G., Henighan T., Child R., Ramesh A., Ziegler D.M., Wu J., Winter C., Hesse C., Chen M., Sigler E., Litwin M., Gray S., Chess B., Clark J., Berner C., McCandlish S., Radford A., Sutskever I., Amodei D. Language Models are Few-Shot Learners, NIPS. 2020. arXiv:2005.14165.
3. Muller B., Soldaini L., Koncel-Kedziorski R., Lind E., Moschitti A. Cross-Lingual Open-Domain Question Answering with Answer Sentence Generation // Proceedings of the 2nd Conference of the Asia-Pacific Chapter of the Association for Computational Linguistics and the 12th International Joint Conference on Natural Language Processing (Vol.1: Long Papers), Association for Computational Linguistics. 2022. Pp. 337–353.
4. Black S., Biderman S., Hallahan E., Anthony Q., Gao L., Golding L., He H., Leahy C., McDonell K., Phang J., Pieler M., USVSN S. Prashanth, Purohit S., Reynolds L., Tow J., Wang B., Weinbach S. GPT-NeoX-20B // An Open-Source Autoregressive Language Model, BigScience (ACL). arXiv:2204.06745.

УДК 004.9;004.21;65.011.56;658.512;681.2:621

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПРАВИЛ И АЛГОРИТМЫ ВЫБОРА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ БАЗ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В САПР ТП

Рыбников В.Р.[1] *(аспирант)*

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент Помпеев К.П.[1]

[1]*Университет ИТМО*

e-mail: Rybnikov.VR@yandex.ru

Одной из задач, решаемых при проектировании маршрутных ТП изготовления деталей типа тел вращения, является определение баз заготовки для каждого операционного комплекса. В статье представлены математические модели конструктивно-технологических характеристик плоскостных элементов, описан алгоритм их определения и дан пример правила выбора технологической базы плоскостного элемента. Внедрение подобных алгоритмов и правил в САПР ТП позволит при решении указанной задачи учитывать только конструктивно-технологические критерии. В связи с этим процесс принятия решений будет носить формализованный характер и снизится влияние субъективного фактора на принимаемые решения.

Ключевые слова

Формализация процесса, базирование, технологические базы, САПР ТП, алгоритмы, характеристики плоскостных элементов, математические модели, правила базирования.

В настоящее время в системах автоматизированного проектирования технологических процессов (САПР ТП), реализующих метод их интерактивного синтеза, выделяют несколько уровней итерационного проектирования маршрутных ТП [1–3]. Так, например, в САПР ТП изготовление деталей типа тел вращения, принципиальная схема которой представлена в [3], на третьем уровне проектирования маршрутного ТП происходит общая компоновка маршрута ТП с определением баз заготовки для каждого операционного комплекса. Для автоматизации данного уровня проектирования необходимо выработать технологические знания, которые обеспечили бы такую возможность принятия решения при определении технологических баз, чтобы на это влияли только конструктивно-технологические критерии, а процесс принятия решений носил формализованный характер. В противном случае при выборе технологических баз инженер-технолог должен руководствоваться своими субъективными соображениями, а принятые им решения можно считать волевыми, то есть зависящими от его опыта и квалификации [4, 5].

На данный момент разработаны правила и алгоритмы выбора технологических баз для элементов вращения при условии, что для плоскостных элементов технологические базы уже известны. Поэтому задача разработки формализованных правил определения технологических баз для плоскостных элементов является актуальной [4, 5].

В развитых странах данную проблему обходят путем концентрации (укрупнения) операций механообработки и выполнения их на многокоординатных станках с ЧПУ. Для России, где на предприятиях существует большой парк универсальных станков и в настоящее время имеются сложности с приобретением иностранных многокоординатных станков с ЧПУ, формализация процесса выбора технологических баз и внедрение ее результатов в САПР ТП позволит приблизиться к экономической эффективности передовых промышленных стран [4, 5].

В ходе проведенных исследований был проанализирован ряд действующих ТП изготовления деталей типа тел вращения с целью определения конструктивно-технологических параметров обрабатываемых плоскостных элементов (ПЭ), влияющих на выбор

технологических баз этих ПЭ из ПЭ, уже сформированных к этому моменту времени. По результатам данного анализа в общем случае для обрабатываемых ПЭ было выделено четыре конструктивно-технологических параметра:

$РПЭ_{yhq}$ – рассматриваемый плоскостной элемент номера y ($1 = y \leq z$) получает свое состояние h ($0 = h \leq f$ – предварительное или окончательное) на рассматриваемой операции q ($1 = q \leq k$);

Oq – рассматриваемая операция ТП номера q является немеханической или механической, Oq = {НЕМЕХ, МЕХ};

$НСП_{ОСД}$ – наличие ПЭ, связанных конструкторскими размерами с рассматриваемым элементом и расположенных с той же стороны детали по отношению РПЭ ($НСП_{ОСД} \geq 0$).

$КСП_{ПСД}$ – количество ПЭ, связанных конструкторскими размерами с рассматриваемым элементом и расположенных с противоположной стороны детали по отношению РПЭ ($КСП_{ПСД} \geq 1$).

Целесообразное сочетание данных параметров позволило выделить семь конструктивно-технологических характеристик [4, 5].

ХПЭ1 – рассматриваемый элемент получает предварительное или окончательное состояние на операции немеханической обработки. Математическую модель характеристики ХПЭ1 можно представить следующим символьным выражением

$$ХПЭ1= (РПЭ_{yhq}, h \neq f \vee h=f) \wedge (O_q = НЕМЕХ).$$

ХПЭ2 – рассматриваемый элемент получает предварительное состояние на операции механической обработки. Математическую модель характеристики ХПЭ2 можно представить следующим символьным выражением

$$ХПЭ2= (РПЭ_{yhq} \neq РПЭ_{yfq}) \wedge (O_q = МЕХ).$$

ХПЭ3 – рассматриваемый элемент получает окончательное состояние на операции механической обработки, имеет конструкторские связи с ПЭ, расположенными с той же стороны детали по отношению к РПЭ. Математическую модель характеристики ХПЭ3 можно представить следующим символьным выражением

$$ХПЭ3= (РПЭ_{yhq}=РПЭ_{yfq}) \wedge (O_q = МЕХ) \wedge (НСП_{ОСД} \geq 1).$$

ХПЭ4 – рассматриваемый элемент получает окончательное состояние на операции механической обработки, имеет 1 конструкторскую связь с ПЭ, расположенным с противоположной стороны детали по отношению к РПЭ. Математическую модель характеристики ХПЭ4 можно представить следующим символьным выражением

$$ХПЭ4= (РПЭ_{yhq}=РПЭ_{yfq}) \wedge (O_q = МЕХ) \wedge (КСП_{ПСД} = 1).$$

ХПЭ5 – рассматриваемый элемент получает окончательное состояние на операции механической обработки, имеет более одной конструкторской связи с ПЭ, расположенными с противоположной стороны детали по отношению к РПЭ. Математическую модель характеристики ХПЭ5 можно представить следующим символьным выражением

$$ХПЭ5= (РПЭ_{yhq}=РПЭ_{yfq}) \wedge (O_q = МЕХ) \wedge (КСП_{ПСД} >1).$$

ХПЭ6 – рассматриваемый элемент получает окончательное состояние на операции механической обработки, имеет конструкторские связи с ПЭ, расположенными с той же стороны детали по отношению к РПЭ, имеет 1 конструкторскую связь с ПЭ, расположенным с противоположной стороны детали. Математическую модель характеристики ХПЭ6 можно представить следующим символьным выражением

$$ХПЭ6 = (РПЭ_{yhq}=РПЭ_{yfq}) \wedge (O_q = МЕХ) \wedge (НСП_{ОСД} \geq 1) \wedge (КСП_{ПСД} =1).$$

ХПЭ7 – рассматриваемый элемент получает окончательное состояние на операции механической обработки, имеет конструкторские связи с ПЭ, расположенными с той же стороны детали по отношению к РПЭ, имеет более 1 конструкторской связи с ПЭ,

расположенными с противоположной стороны детали. Математическую модель характеристики ХПЭ7 можно представить следующим символьным выражением

$$ХПЭ7 = (РПЭ_{yhq}=РПЭ_{yfq}) \wedge (О_q = МЕХ) \wedge (НСП_{ОСД} \geq 1) \wedge (КСП_{ПСД} > 1).$$

Для использования выявленных характеристик в условиях САПР ТП был разработан алгоритм их определения для обрабатываемых плоскостных элементов на операциях ТП механообработки заготовок. Суть алгоритма в том, что определяется то, какое состояние имеет элемент и сколько у него конструкторских связей с той или иной стороны. Далее, в зависимости от полученных результатов, плоскостному элементу присваивается та или иная характеристика, представляющая собой целесообразное сочетание параметров, влияющих на выбор технологических баз.

Дальнейшие исследования действующих технологий, проведенные уже на основе использования разработанных конструктивно-технологических характеристик обрабатываемых плоскостных элементов, позволили сформулировать 11 правил назначения технологических баз для этих элементов. Данные правила применяются к рассматриваемым обрабатываемым плоскостным элементам, исходя из приоритетности использования первых и выявленных конструктивно-технологических характеристик последних.

В качестве примера приведем описание одиннадцатого правила, используемого для случая, когда все плоскостные элементы, обрабатываемые на рассматриваемой операции, имеют характеристику ХПЭ2 (получают предварительное состояние), а на следующей операции ТП осуществляется смена стороны обработки.

ПБПЭ11: Технологической базой рассматриваемого плоскостного элемента следует принять плоскостной элемент противоположной стороны заготовки в предварительном состоянии, получающий свое окончательное состояние на последующей операции по отношению к рассматриваемой, в которой может быть реализована его конструкторская связь с рассматриваемым плоскостным элементом в окончательном состоянии, выбранный из множества плоскостных элементов, подлежащих рассмотрению, связанных с рассматриваемым плоскостным элементом, начиная с плоскостного элемента с наиболее точной связью, заканчивая плоскостным элементом с наименее точной связью с рассматриваемым плоскостным элементом, с учетом технической возможности реализации этого базирования и того, пока это множество не станет пустым [5]. Математическую модель данного правила можно представить следующим символьным выражением

$$ТБ_{РПЭyhq} \leftrightarrow ПЭ_{whi}\big[(ПЭ_{whi} \epsilon \{ПЭПС\}, h \neq f, i < q) \cap \big(ПЭ_{whj}, h = f, j > q\big) \cap (КС_{РПЭОС} = 1) \cap$$
$$\cap (ПЭПС_{yhi} \epsilon \{СПЭПР\}, h \neq f, i < q) \cap (ДОП_{КССПЭПР} \rightarrow \min) \cap (Т_В = 1) \cap (\{СПЭПР\} \notin \emptyset)]\big],$$

где $ТБ_{РПЭyhq}$ – технологическая база рассматриваемого плоскостного элемента номера y, получающего свое состояние h на рассматриваемой операции q;

$ПЭ_{whi}$ – плоскостной элемент номера w, получающий свое состояние h на операции i, предшествующей рассматриваемой операции q;

{ПЭПС} – множество плоскостных элементов противоположной стороны заготовки;

f – окончательное состояние плоскостного элемента;

j – последующая операция по отношению к рассматриваемой операции q;

$КС_{РПЭОС}$ – конструкторская связь с рассматриваемым плоскостным элементом в окончательном состоянии;

{СПЭПР} – множество связанных с РПЭ плоскостных элементов, подлежащих рассмотрению вопроса о базировании РПЭ;

$ДОП_{КССПЭПР}$ – допуск конструкторской связи РПЭ с плоскостным элементом, принадлежащим множеству ПЭ, связанных РПЭ и подлежащих рассмотрению вопроса о его базировании;

$Т_В$ – техническая возможность принятия элемента $ПЭ_{whi}$ в качестве базы (1 – имеется; 0 – отсутствует).

Для каждого правила разработан алгоритм его реализации. Внедрение в САПР ТП разработанных формализованных правил определения технологических баз плоскостных

элементов и алгоритмов их реализации, корректность которых была проверена на действующих технологических процессах изготовления деталей типа тел вращения, позволит: ускорить процесс принятия решений; повысить качество проектирования; заметно снизить влияние субъективного фактора на качество принимаемых решений.

Список использованных источников

1. Кутилова О.И., Магницкая С.Ф., Фролова И.Н. Способ построения схемы обработки детали на основе размерного синтеза технологического процесса // Заготовительные производства в машиностроении. 2011. №. 10. С. 28–33.
2. Сысоев Ю.С., Федотов А.Г., Томилин С.А. Повышение точности формы детали путем распределения припуска посредством базирования // СТИН. 2003. №. 9. С. 28–32.
3. Помпеев К.П. Размерно-точностной анализ при автоматизированном проектировании надежных технологий // Материалы 3-й Международной научно-практической конференции «Современное машиностроение. Наука и образование». – СПб.: Изд-во Политехнического Университета. 2013. С. 600–609.
4. Рыбников В.Р., Киприянов К.В. (науч. рук. Помпеев К.П.) Формализация процесса определения технологических баз для плоскостных элементов в условиях САПР ТП// Сборник тезисов докладов конгресса молодых ученых, 2022. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://kmu.itmo.ru/digests/article/7471 (дата обращения: 15.02.2023).
5. Рыбников В.Р. Исследование и разработка моделей и алгоритмов выбора технологических баз при автоматизированном проектировании технологических процессов: автореф. дис. на соиск. магистерской. степени – СПб.: НИУ ИТМО. 2022. 196 с.

УДК 004.514

ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНТЕРФЕЙСОВ ДЛЯ ОТСЛЕЖИВАНИЯ И НОРМАЛИЗАЦИИ СНА

Рябко В.В.*[1] *(студент)

***Научный руководитель – кандидат психологических наук Джумагулова А.Ф.*[1]**

[1]*Университет ИТМО*

e-mail: riabko.violetta@gmail.com

В работе рассмотрены мобильные приложения для отслеживания и нормализации сна как способ борьбы с недосыпанием и бессонницей в современном мире. В статье приводятся результаты опроса пользователей приложений для отслеживания сна, а также сформулированные предварительные гипотезы для дальнейшего исследования.

Ключевые слова
Нормализация сна, бессонница, качество сна, пользовательский опыт, интерфейс, мобильное приложение.

В среднем, человек тратит на сон треть своей жизни. Это естественный для каждого физиологический процесс, который напрямую связан с нашим физическим и психоэмоциональным состоянием. Во многом именно качество сна отвечает за то, насколько эффективными будут остальные две трети жизни человека. Во время сна мозг проводит анализ и переработку информации, накопленной человеком накануне, освобождая от чрезмерной информации и подготавливая его к следующему дню. В контексте современной реальности, когда количество информационного шума и уровень стресса находятся на своём пике, становится всё сложнее самостоятельно проконтролировать и отследить продолжительность и регулярность сна. В погоне за нынешнем ритмом жизни человек часто просто забывает выделять достаточное время на сон, чтобы дать организму возможность восстановиться. Последствиями недосыпа и бессонницы могут стать серьезные ухудшения здоровья, как физические, так и психические. Нарушения сна приводят к развитию артериальной гипертонии, повышают риск инсульта, инфаркта, вследствие чего нарушается обмен глюкозы, что приводит к сахарному диабету, нарушается аппетит, усиливается голод и человек набирает лишний вес [1]. Также было доказано, что отсутствие здорового сна пагубно влияет на нашу мотивацию к успеху и решительность в ситуациях, связанных с риском.

Одним из возможных решений данной проблемы может стать внедрение в ежедневную рутину человека приложения, которое поможет контролировать продолжительность сна и оценивать его качество. На сегодняшний день существует широкий выбор подобных приложений [2], отличающихся технологиями отслеживания и оценки сна, набором функций и загруженностью интерфейса, что значительно затрудняет выбор эффективного приложения, подходящего требованиям пользователя. При определении основных особенностей эффективного приложения для нормализации сна одним из важных критериев является опыт пользователей подобных приложениях: как люди относятся к приложениям для отслеживания сна, как часто включают их в свою ежедневную рутину, на что обычно обращают внимание при использовании, насколько эффективными считают подобные приложения. Наиболее удобным способом найти ответы на данные вопросы является проведение пользовательского опроса с целью провести анализ привычек пользователей приложений для отслеживания и/или нормализации сна. Таким образом, был проведён пользовательский опрос, в котором приняли участие 65 респондентов в возрасте от 18 до 60 лет. Опрос состоял из десяти вопросов, из которых семь вопросов предполагали варианты ответа, три вопроса были открытыми:

1. Есть ли у Вас какие-либо нарушения сна?

2. Пользуетесь ли Вы какими-либо приложениями для отслеживания сна?
3. Какими устройствами Вы пользуетесь при отслеживании сна?
4. На базе какой операционной системы работает Ваше приложение?
5. Как называется Ваше приложение для отслеживания сна?
6. Какими функциями приложения Вы чаще всего пользуетесь?
7. Какие показатели Вас интересуют при просмотре отчётов о снах?
8. Какие сложности у Вас возникают при использовании приложения?
9. Каких функций, на Ваш взгляд, не хватает приложению, которым Вы пользуетесь?
10. Оцените, насколько Вы удовлетворены приложением, которым пользуетесь?

Результаты опроса показали, что из 65 респондентов 70% отметили наличие у себя диагностированных и не диагностированных нарушений сна (рис. 1). При этом всего 32% опрашиваемых ответили, что пользуются приложениями для отслеживания сна (рис. 2). Также стоит отметить, что процент тех, кто пользуется приложениями для отслеживания сна среди респондентов, ответивших отрицательно на вопрос о наличие нарушений сна значительно ниже, чем у респондентов с нарушениями сна (15% против 40%). Более 61% пользователей приложений для сна используют встроенные функции отслеживания сна в Apple Health и Samsung Health. Это может подтверждает мнение о том, что люди охотнее пользуются встроенными решениями, даже если их эффективность уступает альтернативным решениям. Кроме того, среди приложений, оцененных респондентами на максимальные пять баллов, преобладают всё те же встроенные приложения от Apple и Samsung (83%).

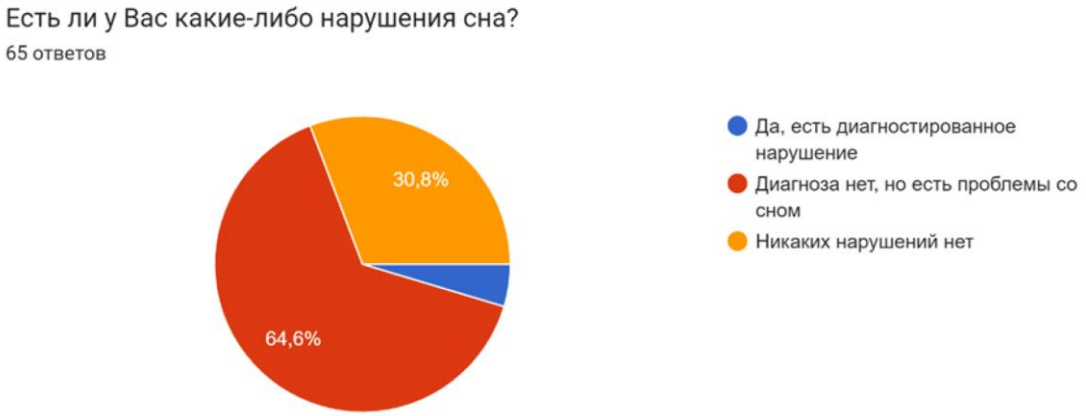


Рис. 1. Результаты по вопросу "Есть ли у Вас какие-либо нарушения сна?"

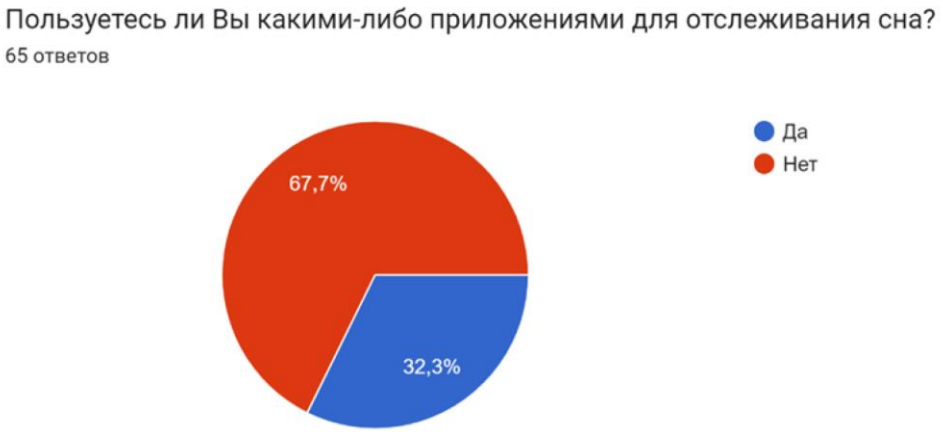


Рис. 2. Результаты по вопросу "Пользуетесь ли Вы какими-либо приложениями для отслеживания сна?"

Наиболее популярными функциями отслеживания сна среди респондентов оказались будильник и напоминание об уходе ко сну. На вопрос о том, каких функций респондентам не хватает в приложении для отслеживания сна, чаще всего встречались ответы о добавлении в

приложение расслабляющих звуков для засыпания и возможности записывать громкие звуки для контроля храпа. Большая часть респондентов (52%) ответила, что имеющихся функций в приложении достаточно. Наиболее интересующими показателями в отчётах о снах большинство респондентов указало продолжительность сна и время ухода ко сну и пробуждения (рис. 3), что отличается от большинства шаблонов существующих решений, где в качестве ключевого показателя визуально выделяется балльная (или процентная) оценка качества сна.

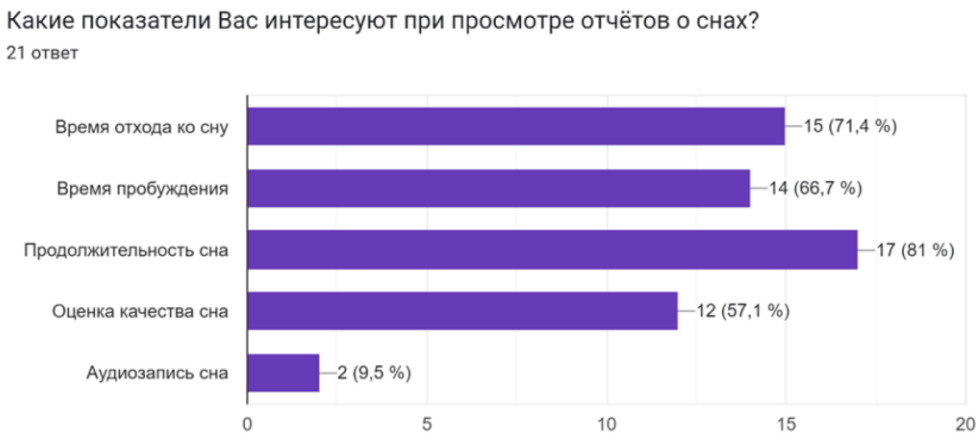


Рис. 3. Результаты по вопросу "Какие показатели Вас интересуют при просмотре отчётов о снах?"

Итогом проведения пользовательского опроса стали следующие выводы:

1. Большинство пользователей приложений для отслеживания сна имеют диагностированные или не диагностированные проблемы со сном.
2. Встроенные функции отслеживания сна в Apple Health и Samsung Health являются самыми популярными способами отслеживания сна с помощью смартфона.
3. Ключевым показателем качества сна для большинства пользователей является продолжительность сна.

Исходя из сделанных выводов, были сформулированы предварительные гипотезы для дальнейшего исследования:

1. Интерфейс, выделяющий продолжительность сна как главный показатель экрана, будет оценен пользователем, как более удобный, чем интерфейс, выделяющий оценку качества сна.
2. Приложение, имеющее функцию напоминания об уходе ко сну, эффективнее скажется на улучшении качества сна пользователя в течение 30 дней, чем приложение без данной функции.

Для проверки данных гипотез запланировано проведение ряда исследований, в случае положительных результатов которых будут:

1. Определены основные необходимые фичи для эффективного приложений для отслеживания и нормализации сна.
2. Построена наиболее удобная для пользователя иерархия информации на главном экране.
3. Повышено доверие пользователей к приложениям для сна в общем.

Список использованных источников

1. Физиология сна. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.vsavm.by/wp-content/uploads/2013/11/Fiziologiya-sna.pdf (дата обращения: 21.01.2023).
2. Baptista P.M., Martin F., Ross H. A systematic review of smartphone applications and devices for obstructive sleep apnea // Brazilian Journal of Otorhinolaryngology. 2022. Pp. S188–S197.

УДК 004.514

ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АВАРИЙНО-ПРЕДУПРЕДИТЕЛЬНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ ДЛЯ СИСТЕМЫ УДАЛЕННОГО МОНИТОРИНГА СУДОВ

Сеитова А.Р.[1] *(студент),* ***Волосюк А.А.***[1]

Научный руководитель – Волосюк А.А.[1]

[1]*Университет ИТМО*

e-mail: seit.liina@gmail.com

В данной работе рассмотрено влияние совокупности различных факторов дизайна уведомлений на эффективность управления вниманием пользователей системы удаленного мониторинга судов. В ходе исследования были разработаны два вида уведомлений: накапливающиеся полупрозрачные и сменяющиеся непрозрачные. С целью подтверждения выдвинутых гипотез был проведен скрытый эксперимент по методу двойной задачи.

Ключевые слова
Уведомления, заметность, управление вниманием, ситуационная осведомленность, человеко-компьютерное взаимодействие, морские навигационные системы.

В настоящее время, любой современный сервис оснащен комплексной системой уведомлений. Преимущества систем уведомлений многочисленны, включая быструю доступность важной информации, доступ к почти мгновенной связи и повышенную ситуативную осведомленность. Поэтому разработка и оценка систем уведомлений представляет собой важную задачу в изучении взаимодействия человека с компьютером.

Несмотря на то, что значительные исследовательские усилия были потрачены на оптимизацию того, когда и как уведомления представляются на самых разных устройствах (компьютерах, смартфонах, умных часах и гарнитурах виртуальной реальности) принципы проектирования уведомлений в сложных технических системах изучены крайне мало. Хотя механизмы уведомлений в разных системах и похожи, задачи, последствия и контекст их верного или неверного функционирования неодинаковы, поэтому влекут за собой разные требования при проектировании.

В системе удаленного мониторинга судов, пользователями которой являются операторы, уведомления играют одну из главных ролей. В данном контексте для уведомлений используется термин “аварийно-предупредительная сигнализация”. Основная цель уведомлений в такого рода системах состоит в том, чтобы помочь оператору распознать нештатную ситуацию, определить источники ошибок и предпринять соответствующие меры. Чтобы гарантировать, что важная информация действительно будет замечена, уведомления должны эффективно привлекать и отвлекать внимание пользователей от основной задачи к второстепенной [1].

Для решения этой проблемы и создания функциональных и заметных уведомлений необходимо учитывать факторы дизайна, влияющие на заметность уведомлений. Ранее было выявлено влияние размера, формы, цвета, непрозрачности, движения и расположения уведомлений на их заметность [2, 3, 4]. Клаук М. и др. предоставили первое доказательство того, как различные свойства дизайна (а именно непрозрачность, скорость движения или частота мерцания) влияют на заметность и отвлекаемость уведомления на рабочем столе [2]. Например, их результаты показали, что размер уведомления обеспечивает гибкий контроль заметности в зависимости от расстояния взгляда, а уменьшение непрозрачности может сделать уведомления более незаметными (ухудшить способность пользователя воспринимать уведомления).

Целью данной работы является исследование влияния вида уведомлений на способность пользователя замечать и распознавать их. Используя результаты предыдущих исследований, в

качестве визуальных переменных были выбраны цвет, непрозрачность и способ появления уведомлений, поскольку они обеспечивают различные уровни заметности. Для проведения эксперимента было спроектировано два макета интерфейса системы удаленного мониторинга судов, в каждом из которых последовательно появлялась серия из четырех уведомлений соответствующего вида. Уведомления первого вида, представленные на рисунке 1, имеют полупрозрачный цветной фон и, по мере появления, скапливаются на экране. Уведомления второго вида, представленные на рисунке 2, имеют непрозрачный цветной фон и по мере появления сменяют предыдущее уведомление. Другие составляющие дизайна интерфейса были выполнены идентично в обоих вариантах. Проектирование производилось с помощью программы Figma, а для добавления анимации движения кораблей на карте и всплывания уведомлений на подготовленные макеты использовался сервис Protopie, на котором приглашенные участники эксперимента впоследствии и проходили немодерируемое тестирование интерфейса.

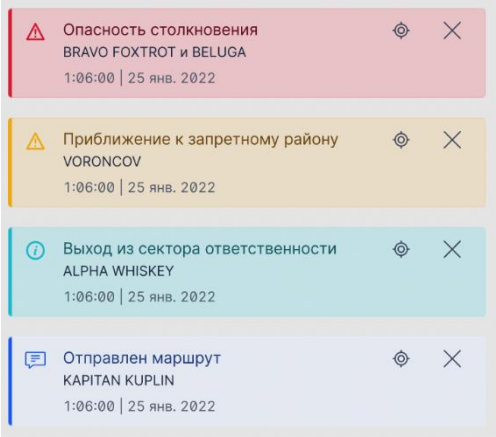


Рис. 1. Уведомления вида 1

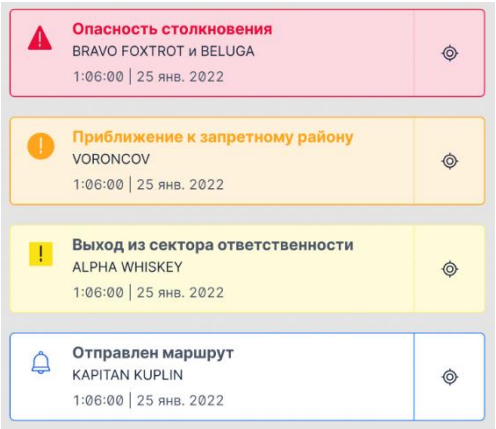


Рис. 2. Уведомления вида 2

По результатам пилотного эксперимента, проведенного на 24 респондентах (по 12 респондентов в каждой группе), был скорректирован процесс проведения основного эксперимента и рассчитан требуемый размер выборки для статистической проверки двух выдвинутых гипотез:

1. Уровень внимания пользователей на уведомления второго вида будет ниже, чем на уведомления первого вида.
2. Существует положительная корреляция между уровнем общей внимательности пользователей и уровнем внимания пользователей на уведомления.

В эксперименте приняли участие 48 респондентов, что на два больше, чем было запланировано. Двум независимым группам по 24 человека предлагалось пройти немодерируемое тестирование интерфейса системы морской навигации с одним из видов уведомлений. Процесс тестирования осуществлялся с использованием персональных компьютеров участников в полноэкранном режиме просмотра тестируемого интерфейса. Перед началом тестирования респонденты получали подробную инструкцию о настройках платформы и о дальнейшем эксперименте. Ознакомившись с заданием, респонденты переходили к тестируемому интерфейсу, чтобы выполнить его.

Для измерения внимания пользователя и тенденций реагирования на уведомления был использован подход двойной задачи, который используют современные исследователи [2, 5]. Этот метод заключается в том, что участникам эксперимента предлагается выполнить две задачи: основную и второстепенную. Основная задача в интерфейсе, управляющая фокусом внимания пользователя, подразумевает сильную концентрацию и постоянное напряжение пространственных и когнитивных способностей, чтобы усилия, затрачиваемые испытуемыми на ее выполнение, приближались к усилиям, затрачиваемым во многих ситуациях со сложными задачами. В то время как второстепенная задача заключается в обнаружении и распознавании сигналов, и/или реагировании на них.

В эксперименте основной задачей испытуемых было представить себя операторами морской навигационной системы и проследить за движущимися судами на карте акватории Финского залива в течение 60 секунд, чтобы ответить на вопрос какое судно зашло последним в выделенную зону и какое вышло из нее первым. Для получения чистых данных о способности уведомлений привлекать внимание второстепенная задача, заключающаяся в обнаружении уведомлений, была скрыта от респондентов (появление уведомлений во время тестирования не было оговорено). После тестирования интерфейса участники переходили к опросу для оценки общей внимательности и внимания на уведомления, содержащему как закрытые, так и открытые вопросы.

Уровень общей внимательности пользователей выступал в качестве внешнего фактора и оценивался как количество правильных ответов на контрольные вопросы, связанные с основным заданием тестирования и интерфейсом в целом, чтобы проверить насколько пользователи способны подмечать детали в области наибольшей фокусировки внимания:

1. Какое судно зашло в зону последним?
2. Какое судно вышло из зоны первым?
3. Какого цвета был контур выделенной зоны?
4. Какая иконка использовалась для обозначения судов?
5. Сколько всего было кораблей на карте?
6. Сколько было островов на карте?

Уровень внимания пользователей на уведомления являлся целевым показателем исследования и оценивался как количество правильных ответов на экспериментальные вопросы, связанные непосредственно с уведомлениями, о появлении которых пользователю не сообщалось заранее:

1. В каком месте интерфейса появляются уведомления?
2. Сколько всего было уведомлений?
3. Чем уведомления отличались друг от друга?
4. Какая приоритетность уведомлений?
5. О чем было уведомление типа Тревога?
6. О чем было уведомление типа Предупреждение?
7. О чем было уведомление типа Оповещение?
8. О чем было уведомление типа Сообщение?

В роли контролируемой переменой выступил вариант тестируемого интерфейса, зависящий от используемого вида уведомлений.

Проверка гипотезы о влиянии вида уведомлений на уровень внимания пользователей проводилась по тесту Манна-Уитни с поправкой на непрерывность, без поправки на повторяющиеся ранги, направление проверки было выбрано левостороннее. Был получен статистически значимый результат на уровне α = 2,5%: p-value = 0,006%. Результаты всех вычислений представлены в таблице 1. Таким образом, уровень внимания пользователей на уведомления второго вида ниже (медиана = 3, 95% ДИ 2–3), чем на уведомления первого вида (медиана = 4, 95% ДИ 4–5).

Таблица 1

Результаты вычислений для проверки гипотезы 1

U-критерий (min)	Размер выборок (m,n)	Z-критерий	Статистическая значимость (p-value)	Уровень значимости (α)	Фактическая мощность (1 - β)
100	24	-3,866	0,006%	2,5%	95,92%

Проверка гипотезы о корреляции уровня общей внимательности и уровня внимания на уведомления проводилась по тесту ранговой корреляции Спирмена с поправкой на непрерывность, направление проверки было выбрано правостороннее. Был получен статистически значимый результат на уровне α = 5%: p-value = 0,129%. Результаты всех вычислений представлены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты вычислений для проверки гипотезы 2

Коэффициент корреляции (Спирмена)	Размер выборки (N = m + n)	Z-критерий	Статистическая значимость (p-value)	Уровень значимости (α)	Фактическая мощность (1 - β)
0,43	48	3,013	0,129%	5%	72,4%

В результате исследования было получено статистическое подтверждение истинности обеих гипотез. Следовательно способность уведомлений привлекать внимание пользователя зависит от использованных при проектировании факторов дизайна, а именно накапливающийся полупрозрачный вид уведомлений является более заметным при имитации слежения за морской обстановкой. Помимо этого, уровень внимания пользователей на уведомления взаимосвязан с показателем общей внимательности, что может поспособствовать дополнительной проверке операторов на профпригодность.

В качестве ограничений проведенного эксперимента стоит учитывать, что проводилось немодерируемое тестирование, где каждый респондент проходил тестирование на собственном компьютере с индивидуальными настройками цветопередачи и яркости экрана. Кроме того, респонденты не имели специальной технической подготовки для работы с системами мониторинга судов и не были заранее ознакомлены с интерфейсом и его особенностями. В данном исследовании также не учитывалось влияние возраста и пола респондентов на полученные результаты, так как данные корреляции не показали достаточного результата во время проведения пилотного эксперимента. Также важно отметить, что время выполнения задания было ограничено одной минутой. Поэтому необходимо понимать, что при более длительном взаимодействии с системой могли получиться другие результаты.

Ввиду того, что в ходе эксперимента было получено статистическое подтверждение влияния вида уведомлений на их заметность, в дальнейшей работе планируется провести эксперимент для оценки удобства взаимодействия с интерфейсом морской навигации в зависимости от используемого вида уведомлений, чтобы делать более полные выводы о том, каким принципам необходимо следовать при проектировании аварийно-предупредительной сигнализации.

Список использованных источников

1. Berkel N., Exler A., Gjoreski M., Kolenik T., Okoshi T., Pejovic V., Visuri A., Voit A. UbiTtention 2020: 5th International Workshop on Smart & Ambient Notification and Attention Management. // Adjunct Proceedings of the 2020 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing and Proceedings of the 2020 ACM International Symposium on Wearable Computers (UbiComp-ISWC '20). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA. 2020. Pp. 431–435.
2. Klauck M., Sugano Y., Bulling A. Noticeable or Distractive? A Design Space for Gaze-Contingent User Interface Notifications. // Proceedings of the ACM SIGCHI Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems. ACM, New York, NY, USA. 2017. Pp. 1779–1786.
3. Gutwin C., Cockburn A, Coveney A. Peripheral Popout: The Influence of Visual Angle and Stimulus Intensity on Popout Effects. // Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '17). ACM, New York, NY, USA. 2017. Pp. 208–219.
4. Mairena A., Gutwin C., Cockburn A. Peripheral notifcations in large displays: Efects of feature combination and task interference. // Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '19). ACM, New York, NY, USA. 2019. Pp. 1–12.
5. Müller P., Staal S., Bâce M., Bulling A. Designing for Noticeability: Understanding the Impact of Visual Importance on Desktop Notifications. // Proceedings of the 2022 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '22). ACM, New York, NY, USA. 2022. Pp. 1–13.

УДК 629.7.05

ИНТЕГРАЦИЯ АВТОПИЛОТА С СИСТЕМОЙ УПРАВЛЕНИЯ БПЛА

Смирнов С. Ю.[1] *(студент),* ***Липатова С.И.***[1] *(студент)*

Научный руководитель – кандидат технических наук Быковский С.В.[1]

[1]*Университет ИТМО*

e-mail: smirnov.s.y.00@mail.ru, lipatsvetlana@gmail.com

В данной работе представлен аналитический обзор научно-исследовательской литературы, относящейся к вопросам интеграции систем автопилотирования и систем управления беспилотных летательных аппаратов. Рассматривается поддержка протоколов связи различными автопилотами с открытым исходным кодом. Сделан вывод о направлении развития сферы БПЛА в целом и актуальности рассматриваемой проблемы. Предлагается вариант решения задачи интеграции автопилота и системы управления БПЛА.

Ключевые слова
Автопилот, системы управления БПЛА, наземная станция управления, протоколы связи, интеграция протоколов, трансляция протоколов.

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) активно применяются в современном мире в абсолютно различных сферах деятельности. БПЛА могут быть как простыми устройствами с небольшим количеством датчиков и элементов управления, которыми в теории может полностью управлять человек, так и очень сложными системами с несколькими двигателями, большим количеством сенсоров и требующими постоянной небольшой корректировки для стабильной работы в условиях изменяющейся среды. Помимо логики самого управления, беспилотным летательным аппаратам необходима система связи с наземной станцией для получения команд и отправки собранных данных. В современных БПЛА за все это отвечает система автопилотирования – программно-аппаратный комплекс, осуществляющий обмен данными и управление всеми элементами летательного аппарата.

Сегодня существуют автопилоты для БПЛА и программное обеспечение наземных станций управления (НСУ) с открытым исходным кодом и свободной лицензией. Применение таких решений позволяет упростить разработку БПЛА и сэкономить значительные ресурсы. Однако организация, желающая внедрить БПЛА на основе автопилота с открытом исходным кодом в рабочие процессы, может уже иметь свою систему управления, сильно интегрированную систему компании. Ее замена может повлечь значительные издержки. Одним из возможных решений является интеграция автопилота и проприетарной системы управления.

Обзор литературы

На данный момент существует достаточно большое количество проектов с открытым исходным кодом и свободной лицензией, предоставляющих не только программное обеспечение автопилота, но и оборудование, принципиальные схемы и дизайны печатных плат. В статье «A Survey of Open-Source UAV Flight Controllers and Flight Simulators» [1] произведен анализ существующих платформ БПЛА с открытым исходным кодом. Авторы указывают, что разработка большого количество систем автоматического пилотирования была прекращена, однако отмечают, что их исходный код используется в других активно разрабатываемых проектах. На основе данной статьи составлена таблица, отображающая поддержку некоторых протоколов передачи данных различными автопилотами.

Таблица

Поддержка протоколов системами автопилотирования

	SBus	iBus	SumD	SumH	PPM	JetiExBus	DSM	FrSky	MavLink
Hack flight	+			+	+		+		
Cleanflight	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Betaflight	+	+	+	+	+	+	+	+	+
INAV	+	+	+	+	+	+	+	+	+
LibrePilot	+	+	+	+	+			+	+
dRonin	+							+	+
ArduPilot	+				+		+	+	+
PX4	+		+				+	+	+
Paparazzi	+				+				+

Большинство рассмотренных протоколов являются простейшими протоколами радиоуправления и позволяют, например, контролировать количество газа или степень отклонения сервомашинки. Протокол MavLink, напротив, является протоколом обмена сообщениями и, таким образом, позволяет реализовать гораздо более сложное управление БПЛА.

Интеграция систем с различными протоколами достаточно хорошо изучена в сфере систем интернета вещей, и общие идеи из таких работ могут быть применены при решении проблемы интеграции автопилота и систем управления.

Статья «IoT Interoperability – On-Demand and Low Latency Transparent Multiprotocol Translator» [2] исследует вопрос трансляции сообщений между различными протоколами систем интернета вещей. Одним из аспектов, описываемых авторами, является использование промежуточного формата. Для каждого протокола реализуется модуль-поставщик, транслирующий сообщения в промежуточный формат, и модуль-потребитель, производящий обратную трансляцию. Использование промежуточного формата позволяет упростить реализацию трансляции сообщений между несколькими протоколами, а также делает возможным без значительных усилий добавлять новые протоколы в транслятор в будущем. Это может быть полезно в случае использования нескольких реализаций НСУ или различных систем управления БПЛА.

В сфере беспилотных летательных аппаратов ведутся работы по изучению и разработке систем автоматизированного пилотирования. В статье «Software Architecture for Autonomous and Coordinated Navigation of UAV Swarms in Forest and Urban Firefighting» [3] авторы рассматривают вопросы, связанные с реализацией управления группой дронов.

Также наблюдается возросшее внимание к вопросам безопасности беспилотных летательных аппаратов. Статья «Understanding Bounding Functions in Safety-Critical UAV Software» [4] изучает программное обеспечение системы автопилота и производит симуляции его работы для определения степени влияния ограничивающих функций на безопасность БПЛА. Авторы пришли к заключению, что ограничивающие функции являются важным аспектом безопасности аппарата.

На основе изученной научной литературы нами был сделан вывод о том, что сфера БПЛА развивается в направлении усложнения алгоритмов управления и интеграции различных систем в процесс принятия решений, а также защиты передаваемых данных с помощью шифрования. Дополнительная функциональность надстраивается поверх существующих систем автопилотирования, как для использования сложных алгоритмов управления и реализации дополнительной функциональности, так и для обеспечения безопасности и осуществления дополнительного контроля. В случае использования готовых решений для реализации таких задач может потребоваться интеграция систем автопилотирования с этими решениями и трансляция протоколов, что свидетельствует об актуальности рассматриваемой проблемы даже в ближайшем будущем.

Предлагаемое решение

Одним из возможных способов решения проблемы интеграции системы управления и автопилота является модификация наземной станции управления таким образом, чтобы она

осуществляла взаимодействие с БПЛА используя протокол назначения. Данный вариант позволяет добиться наименьших задержек, что является важным аспектом в контексте БПЛА. Конкретный процесс реализации данного способа и трудозатраты зависят исключительно от используемой НСУ и выбранного протокола назначения.

Мы предлагаем вариант решения данной проблемы без необходимости изменения исходного кода наземной станции управления и заключается в трансляции проприетарного протокола в протокол назначения, используемый системой автопилота. Данное решение предоставляет максимальную гибкость и масштабируемость. Как было определено ранее, протокол MavLink поддерживается большинством рассмотренных автопилотов с открытым исходным кодом и свободной лицензией, поэтому его использование в качестве протокола назначения позволит обеспечить взаимодействие даже при замене автопилота.

Нами выделяется два способа интеграции транслятора в цепочку связи. Архитектуры получаемых решений представлены на рисунке.

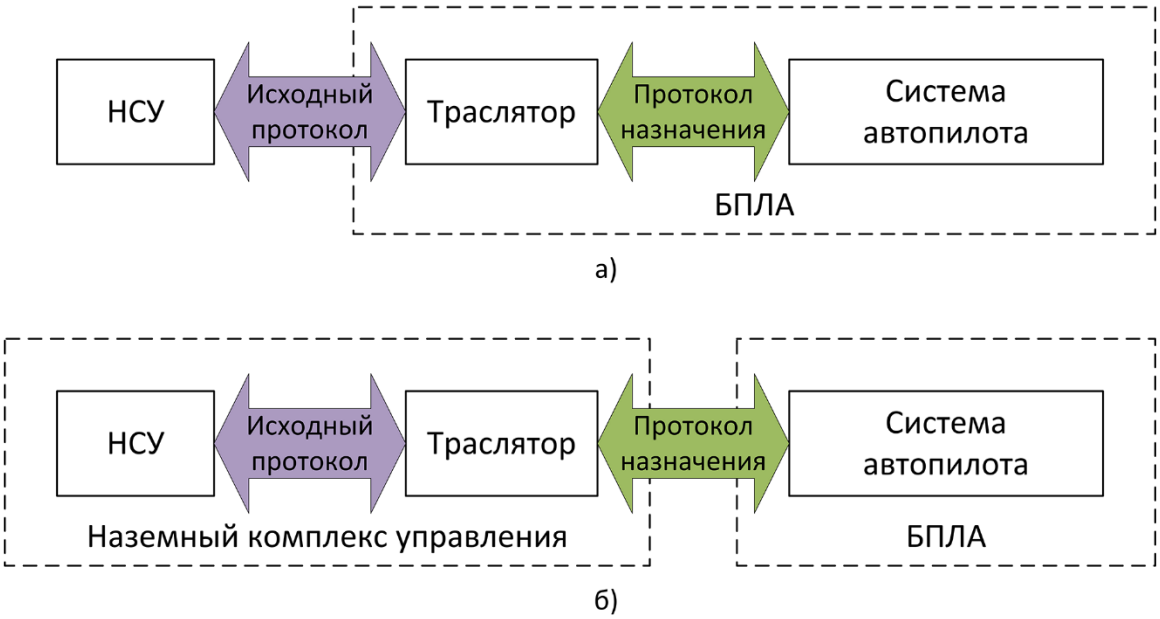


Рисунок. Архитектура предлагаемого решения с транслятором:
а) интегрированным в БПЛА б) в виде отдельного элемента в рамках комплекса управления

Первый способ интеграции предполагает встраивание транслятора в сам БПЛА. Преимуществом такого варианта является скрытие факта наличия транслятора в деталях реализации самого БПЛА. Это позволяет использовать существующие станции управления без каких-либо модификаций как с проприетарными аппаратами, так и с аппаратами, построенными с применением автопилота с открытым исходным кодом. Данный факт может быть особенно важен для коммерческих БПЛА, где клиенты могут уже иметь станции управления и БПЛА, построенные на проприетарных протоколе и автопилоте. Недостатком данного способа является необходимость внедрения транслятора в БПЛА, что потребует дополнительной производительности или, возможно, отдельного устройства. Это негативно скажется на энергопотреблении и массе аппарата.

Вторым вариантом является совмещение НСУ и транслятора в наземном комплексе управления (НКУ). Данный способ не влечет за собой изменения характеристик БПЛА, однако не имеет преимущества обратной совместимости наземной станции управления.

Нами были рассмотрены различные платформы БПЛА с открытым исходным кодом и свободной лицензией и поддерживаемые ими протоколы передачи данных. Было установлено, что протокол MavLink реализуется большинством рассмотренных автопилотов и позволяет осуществлять комплексное управление беспилотными летательными аппаратами. Выявлена проблема интеграции автопилота с системой управления БПЛА. Предложены два варианта решения данной проблемы. Модификация НСУ позволяет добиться наименьших задержек при

передаче данных. Внедрение предлагаемого элемента транслятора в цепочку связи предоставляет максимальную гибкость и масштабируемость и обеспечивает обратную совместимость БПЛА, построенных с использованием систем автопилота с открытым исходным кодом, и проприетарных наземных станций.

Список использованных источников

1. Ebeid E. et al. A survey of Open-Source UAV flight controllers and flight simulators // Microprocess Microsyst. 2018. Vol. 61. Pp. 11–20.
2. Derhamy H., Eliasson J., Delsing J. IoT Interoperability - On-Demand and Low Latency Transparent Multiprotocol Translator // IEEE Internet Things J. 2017. Vol. 4. №. 5. Pp. 1754–1763.
3. Jovanovic M., Starcevic D. Software architecture for ground control station for unmanned aerial vehicle // Proceedings UKSim 10th International Conference on Computer Modelling and Simulation, EUROSIM/UKSim2008. 2008. Pp. 284–288.
4. Liang X. et al. Understanding bounding functions in safety-critical UAV software // Proceedings - International Conference on Software Engineering. 2021. Pp. 1311–1322.

УДК 528.72

HDR-ИЗОБРАЖЕНИЯ В ФОТОГРАММЕТРИИ

Смирнова О.М. [1] *(студент),* ***Меженин А.В.*** [1]

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент Меженин А.В. [1]

[1] *Университет ИТМО*

Применение фотограмметрии в реставрации позволяет получить точные и детальные 3D-модели объектов, которые могут быть использованы для анализа и восстановления исторических деталей, а также для создания визуализаций объектов в разные временные периоды. В работе рассмотрено применение HDR-изображений в фотограмметрии.

Ключевые слова
Фотограмметрия, HDR, реставрация, фотография, 3D.

Использование фотограмметрии позволяет сохранить историческое культурное наследие не только в образах, но и качественно и эффективно восстановить (реставрировать) их изначальный вид. В научных трудах по фотограмметрии рассматриваются теоретические основы, результаты применения фотограмметрии при реставрации памятников архитектуры [1, 3]. При помощи фотограмметрии можно определить геометрические размеры, положение объекта в пространстве, выполняются геометрические построения, измерения и создается модель объектов с помощью фотосъемки, используя законы оптики и проекционной геометрии [2]. Специалисты по реставрации объектов культурного наследия обычно сталкиваются с трудными условиями освещения, которые влияют на качество фиксации материала при фотографии. Хотя уровень автоматизации фотограмметрии довольно высок, качество изображения является фундаментальной предпосылкой для создания успешных и фотореалистичных 3D-моделей, особенно при работе с большими наборами изображений. Существуют исследования, посвященные предварительной обработке изображений для оптимизации характеристик автоматизированной фотограмметрии [4]. Часто улучшение изображений проводят при помощи поляризационных фильтров, изменений гистограммы, различных форматов изображений, а также фотографий с разным динамическим диапазоном. Цель работы – анализ возможности использования изображений с расширенным динамическим диапазоном (HDR) для повышения качества фотограмметрии. High Dynamic Range Imagine (HDR) создаются путем слияния нескольких изображений одной и той же сцены, каждое из которых было снято с разной выдержкой, что обеспечивает лучший диапазон изображений с разной экспозицией. Standard Dynamic Range Imagine (SDR) – стандартный динамический диапазон изображений, доступный на всех цифровых камерах, поэтому его можно использовать как основу для сравнения с HDR.

Эксперимент состоял из двух этапов: фотосъемка объекта и обработка полученных данных. Съемка объекта представляла получение серии фотографий, которые покрывали его поверхность со всех ракурсов с перекрытием не менее чем на 80%. Объекты были размещены в условиях естественного освещения. Для минимизации бликов и теней на поверхности объекта съемка проводилась в пасмурную погоду. При съемке использовалась камера Canon 10D. Съемка для получения изображений была организована так, как показано на рисунке 1. Тест-объекты располагались на поверхности с однотонным фоном.

В процессе работы HDR-изображения были получены с экспозицией -2;0; +2. Фотографии обрабатывались в программе Adobe Lightroom Classic. На рисунках 2 и 3 представлен поэтапный процесс создания HDR-изображения с гистограммами к ним.

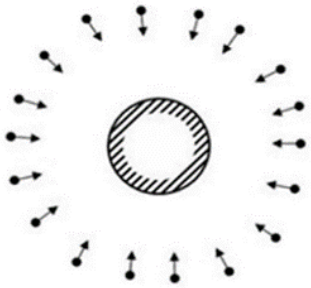


Рис. 1. Позиции камеры при съемке объекта

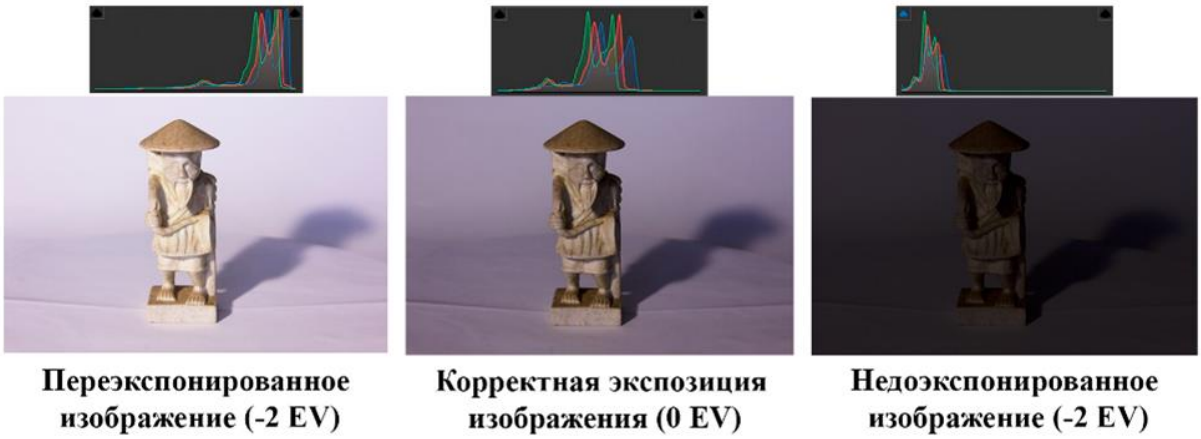


Рис. 2. Изображения с разной экспозицией [2]

EV (exposure value) — это число, представляющее комбинацию выдержки камеры и f-числа.

Рис. 3. Результат объединения изображений в HDR

Создание 3D-моделей проводилось в программе Agisoft Metashape Professional. На рисунках 4 и 5 показана одна из 3D-моделей, выполненная с использованием HDR и SDR изображений.

Визуальное сравнение формы 3D моделей, полученных методом фотограмметрии с использованием HDR-изображений по отношению к 3D моделям, полученным методом фотограмметрии с использованием SDR-изображений, показало, что использование HDR-изображений улучшает передачу формы, детализацию и заполняет разрывы сетки. Данное утверждение основано на результатах опроса, проводимого на выборке из 57 ответов респондентов по выбору из 10 моделей HDR и SDR. Количество голосов за каждый из методов было подсчитано, а затем построена гистограмма сравнения, показанная на рисунке 6.

Рис. 4. Результат 3D моделирования полученный с использованием HDR-изображений

Рис. 5. Результат 3D моделирования полученный с использованием SDR-изображений

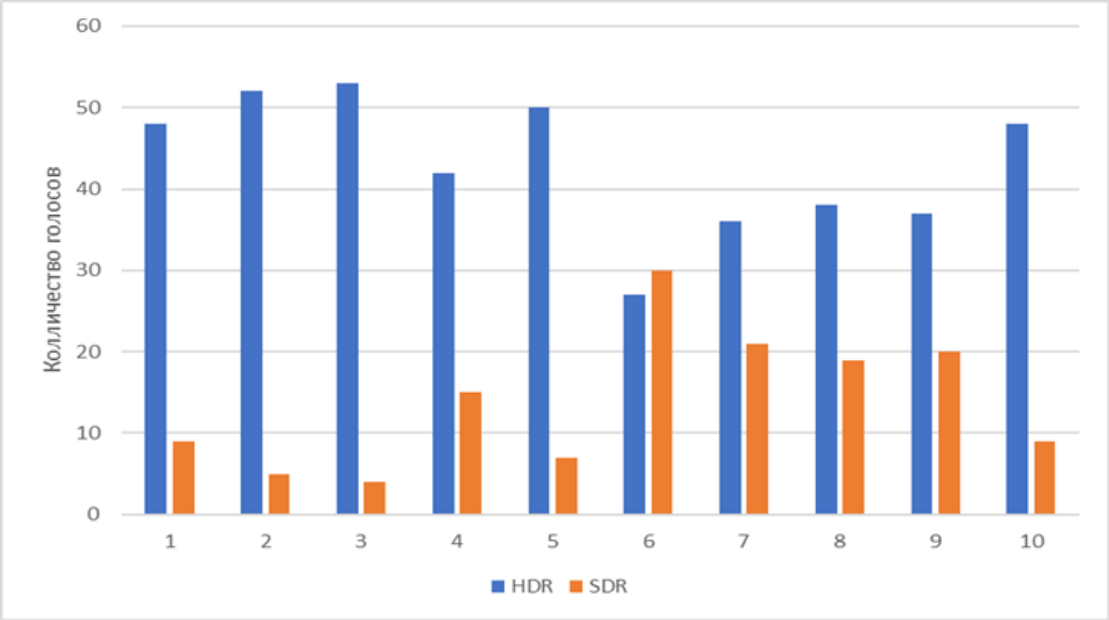


Рис. 6. Гистограмма сравнения количества голосов за каждую модель

На рисунках 7 и 8 представлены снимки еще одной из полученных 3D-моделей на основе HDR-изображений и SDR-изображений в трех проекциях.

Рис. 7. Полученные 3D-модели на основе HDR-изображений в трех проекциях

Рис. 8. Полученные 3D-модели на основе SDR-изображений в трех проекциях

На данных моделях четко видны разрывы сетки в 3D-моделях, созданных на основе SDR-изображений. Для подтверждения визуальных наблюдений использована программа «CloudCompare» для сравнения двух облаков точек путем вычисления расстояния между двумя облаками точек (cloud-to-cloud). На рисунке 9 показано объединение облаков точек. Красным цветом выделены области, в которых не найдены совпадения точек.

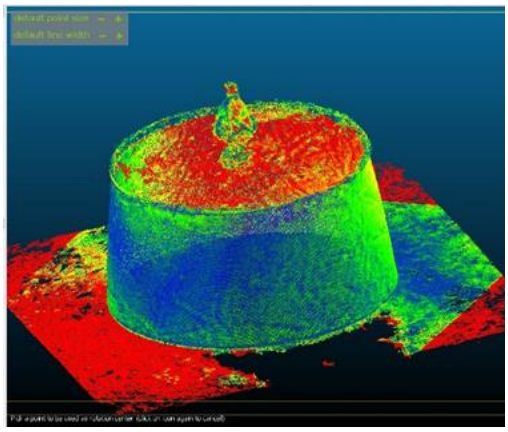


Рис. 9. Процесс объединения облаков точек

Опираясь на данные количества точек, приведённых в таблице, для модели, показанной на рисунке 10, можно сделать предварительное подтверждение результатов опроса, что использование изображений с расширенным динамическим диапазоном HDR в фотограмметрии позволяет получить более точное повторение формы объекта, чем при использовании изображений SDR.

Таблица

Количество точек и полигонов

Модель	Точки	Полигоны
SDR	348 942	696 912
HDR	394 940	787 899

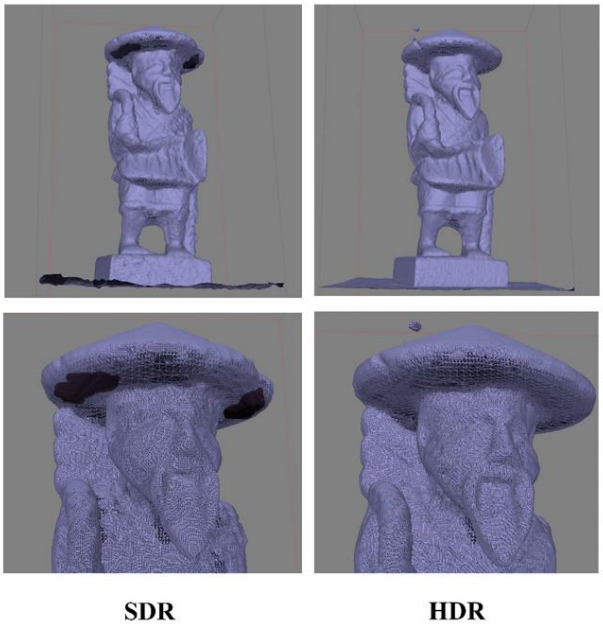


Рис. 10. Полигональная сетка 3D-модели на основе SDR-изображений и HDR-изображений

В результате проведенных исследований можно увидеть, что метод фотограмметрии при исследовании и документировании объектов культурного наследия с использованием HDR-изображений по сравнению с использованием SDR-изображений, показывает лучшие результаты относительно детализации и точности формы 3D-моделей.

В дальнейшем планируется продолжение исследований влияния HDR-изображений на качество фотограмметрии в разных условиях освещения, а также изучение влияния различных материалов объектов на получаемые методом фотограмметрии 3D-модели.

Список использованных источников

1. Жиркова Г.П., Мартынова Д.О., Смолин А.А. Возможности 3D-технологий в создании виртуальных реконструкций объектов историко-культурного наследия (на примере виртуальной трехмерной реконструкции интерьера столовой в доме П.С. Строганова) [электронный текст] // Культура и технология. 2021. Т. 6. Вып. 1. С. 10–13. DOI: 10.17586/2587-800X-2021-6-1-10-13.
2. Лобанов А.Н. Фотограмметрия. - 2-е изд. - М.: Недра. 1984. 543 с.
3. Казаков В.В., Симухин А.И., Ковалев В.С. Тамчинский оленный камень: опыт документирования мегалитических объектов // Сибирские исторические исследования. 2019. №. 3. С. 141–167.
4. Guidi G., Gonizzi Barsanti S., Micoli L. Im-age pre-processing for optimizing automated photogrammetry perfor-mances // ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. 2014. II-5. Pp. 145–152. DOI: 10.5194/isprsannals-II-5-145-2014.

УДК 004.853

АНАЛИЗ СЛОЖНОСТИ ГРАФА ЗНАНИЙ И ОЦЕНКИ НАДЁЖНОСТИ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ЗАДАЧИ ОБУЧЕНИЯ С ПОДКРЕПЛЕНИЕМ

Смоляков И.Ю.[1] *(аспирант)*

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент Муромцев Д.И.[1]

[1]*Университет ИТМО*

e-mail: smolyakov.ivan@itmo.ru

Проблемой современных методов обучения с подкреплением с использованием нейронных сетей является плохая адаптивность. Одним из решений данной проблемы может являться гибридный подход с использованием представления окружения агента с помощью графа знаний. Но в таком случае возникает проблема оценки стабильности работы моделей, а также сложности окружения для сравнения качества работы полученных моделей. В рамка работы были рассмотрены методы оценки сложности графа и надёжности моделей, а также проведены эксперименты по выбору метрики, оценивающей сложность графа.

Ключевые слова
Обучение с подкреплением, графы знаний, метрики.

Обучение с подкреплением — это мощный метод машинного обучения, который позволяет автоматически решать задачи в динамических средах. Для улучшения модели и использования более абстрактных знаний в процессе работы, могут быть использованы графы знаний. Графы знаний позволяют формализовать и оценить информацию, связанную с задачей, и эффективно управлять процессом обучения и оценки модели. Применение графов знаний может помочь модели понимать зависимости между данными.

Однако, при использовании методов обучения с подкреплением возникает необходимость в оценке качества полученных моделей. Так получаются две части, в срезе которых можно оценивать качество модели: оценка графа знаний и оценка качества алгоритма обучения с подкреплением (рис. 1). В срезе графа знаний мы можем оценивать качество векторного представления и сложность графа. В срезе обучения с подкреплением можно оценивать надёжность модели и её качество.

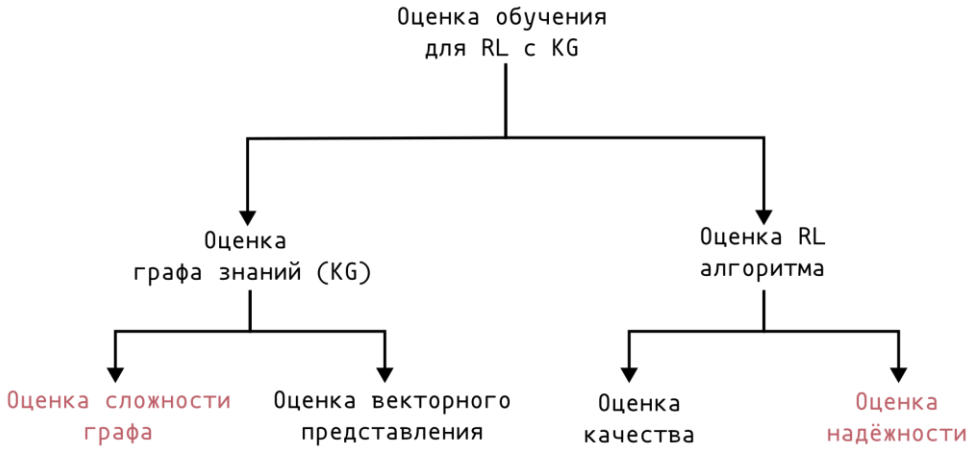


Рис. 1. Различные аспекты оценки обучения модели обучения с подкреплением при использовании графов знаний

Стандартно для оценки графов можно применять классические характеристики графов: связность, планарность, гамильтоновы и эйлеровы пути, анализ клик и т.д. Проблема в том, что данные метрики рассматривают узкие характеристики графа и обычно предназначены для ненаправленных графов. Такие классические индексы сложности графа, основанные на расстоянии, как индекс Винера [1] и индекс Сегеда [2] возможно применять на направленных графах. Также при анализе направленных графов (граф знаний является направленным графом) часто применяются следующие оценки графов:

- обхват (Girth) – длина наименьшего цикла в графе;
- древесная ширина (Tree-Width) [3] или Направленная древесная ширина (Directed Tree-Width) [4] – оценка графа, основанная на древесном разложении [5]. Древесная ширина определяется как минимальная ширина возможных древесных разложений графа;
- ширина направленного ацикличного графа (DAG-width) [6] – определяется для ориентированного графа как его сходство с направленным ацикличным графом.

Но такие метрики имеют ряд недостатков. Обхват имеет проблему, что для ацикличного графа индекс равен бесконечности. Древесная ширина и направленная древесная ширина имеют сложную декомпозицию графа (NP-полная задача) и данную метрику проблематично применять для сложных графов.

Также существуют и другие предложенные метрики. Так, Бервангер и Градель [7] предлагают метрику с использованием специального древовидного разложения и определяют графовую меру запутанности и ее связь с древесной шириной. Метод, основанный на построении полинома по количеству входных и выходных связей в узлах предложен в [8].

Для оценки хорошей модели обучения с подкреплением необходимо оценивать не только ее качество, но и понимать, насколько полученное решение надёжно. К данному вопросу можно подходить с разных сторон. Так, в [9] предложен способ оценки надёжности, позволяющий рассмотреть сразу несколько аспектов модели. Идея заключается в комбинации типа изменчивости (во время обучения по времени, во время обучения по запускам, после обучения по фиксированной политике) и оценки изменчивости данного типа (разброс и риск). Для оценки разброса используется межквартильное расстояние (IQR), а для оценки риска используется условное значение под риском (CvaR). CvaR — это мера риска, используемая в экономике, которая показывает сумму убытка, если убыток превышает стоимость под риском. Так возникает семь типов величин, оценивающих различные аспекты надёжности модели (таблица). Возможно оценить стабильность модели как до, так и после обучения, как со стороны наихудшего случая, так и со стороны разброса, оценив, насколько результаты модели отличаются при различных запусках.

Таблица

Оценки надёжности моделей обучения с подкреплением [9]

		Разброс	**Риск**
Во время обучения	По времени	IQR в окне, после снижения тренда	**Краткосрочный:** CVaR при разнице первого порядка **Долгосрочный:** CVaR при просадке
	По запускам	IQR во всех тренировочных прогонах, после фильтрации нижних частот.	CVaR по всем запускам
После обучения	По прогону фиксированной политики	IQR по прогону фиксированной политики	CvaR по прогону фиксированной политики

Для выбора метрики сложности графа знаний были проведены эксперименты по оценке различных графовых метрик. В качестве экспериментальной среды была использована среда Minigrid [10]. Различные окружения данной среды были преобразованы в граф знаний, содержащий клетки карты и объекты на ней. Для графа каждого окружения были вычислены

следующие метрики: количество ребер, плотность графа, индекс Винера, количество узлов, pendants (количество узлов со степенью 1), древесная ширина, индекс Сегеда. Так как метрика зависит от размера окружения, то для определения сложности структуры, а не размера окружения, была построена зависимость метрик от размера окружения. Из предложенных метрик визуально заметную разницу в оценках графов из окружения с одинаковым размером, но разной «сложностью», показали индекс Сегеда и древесная ширина. Полученные зависимости отражены на рисунках 2 и 3. По полученным результатам оценка получает большее значение у более сложных окружений для индекса Сегеда и, наоборот, меньшее значение при использовании древесной ширины. Так, древесная ширина показывает сильный разброс при разной сложности графа, что позволяет использовать её для оценки сложности окружения.

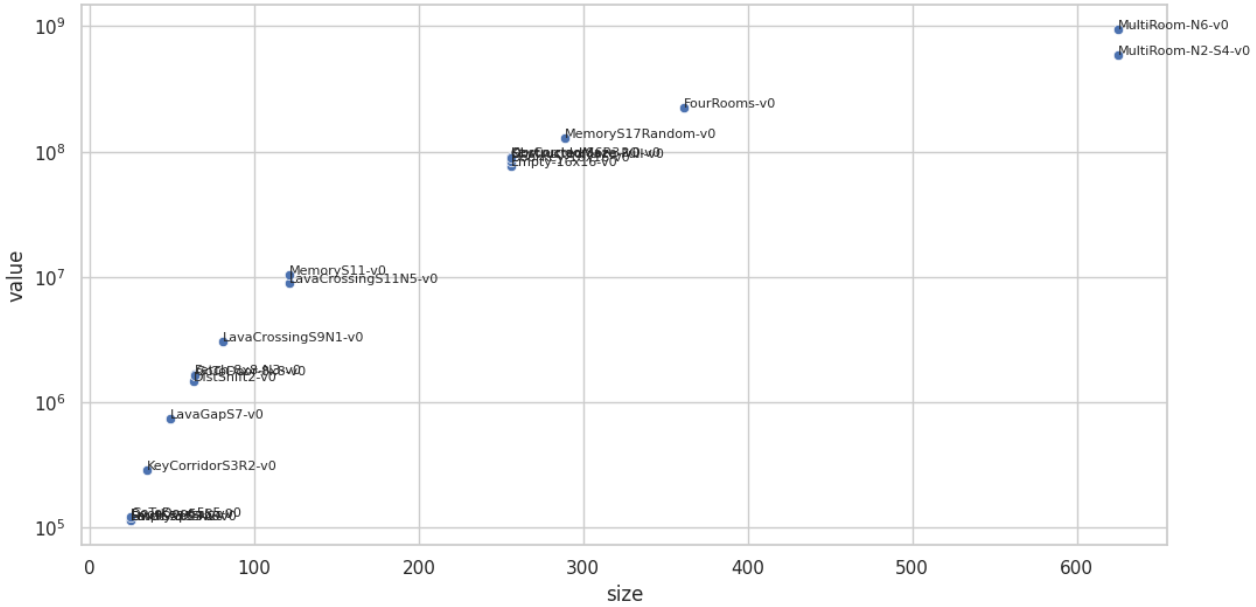


Рис. 2. Оценки индекса Сегеда для различных окружений Minigrid в логометрической шкале

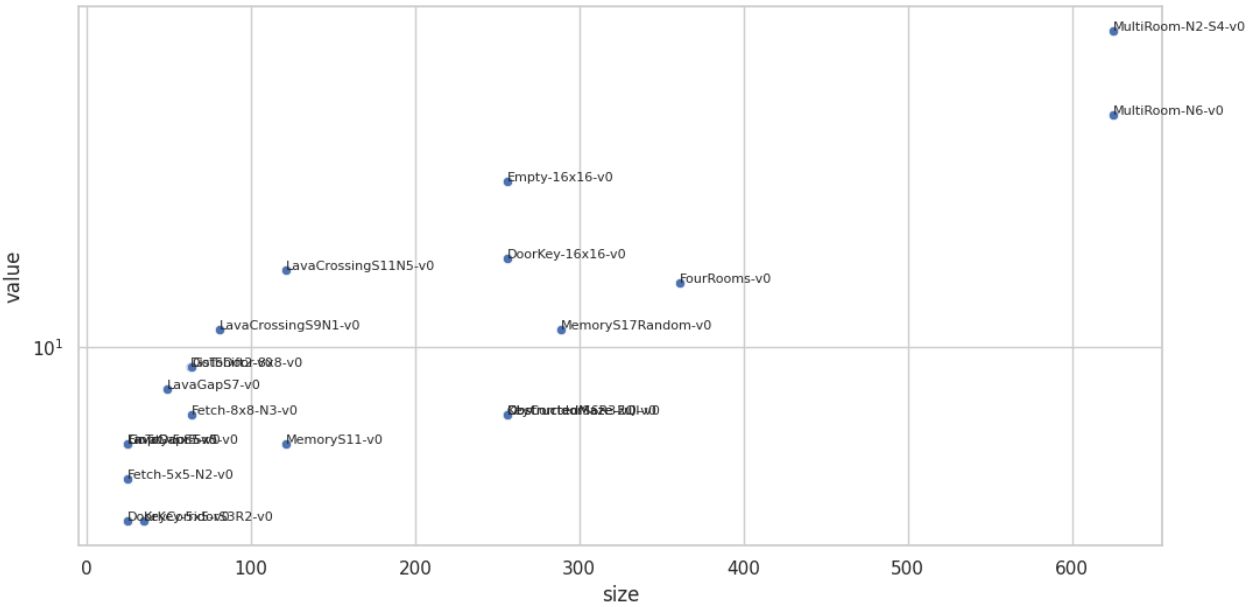


Рис. 3. Оценки древесной ширины для различных окружений Minigrid в логометрической шкале

В результате работы было проведено исследование методов оценки графов знаний и проведены эксперименты для окружения Minigrid, что позволило определить их применимость

для определения сложности окружения. Так же была проведено исследование оценки надёжности алгоритмов обучения с подкреплением. В будущих исследованиях планируется оценить более комплексные метрики для графов и провести эксперименты с совместной оценкой обучения с подкреплением.

Список использованных источников

1. Wiener H. Structural determination of paraffin boiling points / H. Wiener // Journal of the American Chemical Society. 1947. Т. 69. №. 1. С. 17–20.
2. Klavžar S., Rajapakse A., Gutman I. The Szeged and the Wiener index of graphs // Applied Mathematics Letters. 1996. Vol. 9. №. 5. Pp. 45–49.
3. Arnborg S., Corneil D.G., Proskurowski A. Complexity of Finding Embeddings in a k-Tree // SIAM Journal on Algebraic Discrete Methods. 1987. Т. 8. №. 2. С. 277–284.
4. Johnson T. et al. Directed Tree-Width // Journal of Combinatorial Theory, Series B. 2001. Vol. 82. №. 1. Pp. 138–154.
5. Diestel R. Graph theory: Graduate texts in mathematics / R. Diestel. – 3rd ed. – Berlin: Springer. 2005. Вып. 173. 429 p.
6. Berwanger D. et al. The dag-width of directed graphs // Journal of Combinatorial Theory, Series B. 2012. Vol. 102. №. 4. Pp. 900–923.
7. Berwanger D., Grädel E. Entanglement – A Measure for the Complexity of Directed Graphs with Applications to Logic and Games // Logic for Programming, Artificial Intelligence, and Reasoning: Lecture Notes in Computer Science. – Berlin, Heidelberg: Springer. 2005. Pp. 209–223.
8. Dehmer M. et al. Measuring the complexity of directed graphs: A polynomial-based approach // PLOS ONE. 2019. Vol. 14. №. 11. P. e0223745.
9. Chan S.C.Y., Fishman S., Canny J., Korattikara A., Guadarrama S. Measuring the reliability of reinforcement learning algorithms. 2020. 36 p. arXiv:1912.05663.
10. Chevalier-Boisvert M. Minimalistic gridworld environment for gymnasium. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://github.com/Farama-Foundation/MiniGrid (дата обращения: 01.03.2023).

UDC 62;503.57

MODEL PREDICTIVE CONTROL FOR ADAPTIVE CRUISE CONTROL SYSTEM

Suleiman L.[1] *(PhD student)*

Scientific adviser – assistant professor, Vlasov S.M.[1]

[1]*ITMO University*

e-mail: lailaslaiman69@gmail.com, smvlasov@itmo.ru

Adaptive Cruise Control (ACC) is a driver-assistant system for auto-driving in specific cases to relieve the driver during long or tiring trips. This system processes the information obtained from the radar sensor attached to the front of the vehicle to check whether there are slower-moving vehicles on the vehicle's path with the ACC system. Generally, ACC has two working regimes: constant-speed control and time-gap control. The switching conditions between these two regimes depend on the radar detections and spacing control laws defined by the driver and system. In this paper, adaptive cruise control has been systematically studied. Then, two methods of modeling this system with Model Predictive Controller (MPC) in MATLAB/Simulink have been discussed. After that, a comparison between two model methods has been presented, and other assistant software has been mentioned.

Keywords
Adaptive Cruise Control, Driver Assistant System, Constant-Speed Control, Time-Gap Control, Model Predictive Control.

The idea behind adaptive cruise control is not new or originally created; it is the consequence of years of thinking and working. The first attempt at making a driver assistance system was seen by the car companies as a luxury item for their special customers [1]. Then, it got the interest of the researchers and engineers as a way to relieve the driver from long-distance driving and automate the driving process, producing an advanced driving system or autopilot. The first system produced was conventional cruise control, which allowed the vehicle to automatically travel on the highway at a constant speed set by the driver. However, this method was not flexible and required many interventions from the driver if there was a slowing vehicle on the same path. Therefore, the researchers thought of upgrading this system and making it adaptable and flexible to fit the complex driving scenarios. Thus, besides the constant speed control in conventional cruise control, a new mode of driving was attached to allow the vehicle to adapt its velocity with the leading vehicles on the travel path, which is called time-headway control or time-gap control. Whereas the headway time refers to the time needed for the second vehicle to reach the preceding vehicle's velocity, or, in other words, the time difference between passing the two successive vehicles at the same spot on the road [3]. Still, this system is not fully automated and does not decline the intervention of the driver in some situations in which accidents will not be avoidable. Later, other properties have been added to enhance its behavior in this complicated environment, like the stop-go system, which allows the car to stop at the traffic lights or when the preceding vehicle stops, and the lane-changing system, which, as its name implies, makes the vehicle change lanes if it is possible and safe to do so without intervention from the driver. Hence, the system became closer to being fully automated. In this paper, The ACC system with MPC controller will be modeled using two different methods on MATLAB/Simulink. Then, a comparison between these two methods will be established.

Adaptive Cruise Control System (ACC)

ACC is an updated version of conventional cruise control, as mentioned earlier. While conventional cruise control has only one operating mode, which is constant-speed control mode, the ACC expands the CCC to a two-mode system by adding a time-gap control mode. The headway-time control mode actually also has two phases of operation. The first phase begins when the radar sensor

detects a slower-moving car and the ACC system decides to activate the time-gap control mode. This mode is defined as Transitional Maneuver (TM) or transient response, in which a system goes through to reach stability or steady state, which represents the second phase [4]. The transitional maneuver starts when the ACC vehicle slows down its velocity corresponding to the leading car to keep a safe distance between them, which has a specific formula to calculate it, as will be shown later. Meanwhile, the ACC velocity has been adapted to the preceding vehicle's velocity; the steady-state phase starts, where the ACC vehicle travels at a relatively stable speed with the leading vehicle without accelerating or decelerating, unless the preceding vehicle changes its velocity. Generally, it could be thought of as a two-stage control algorithm. The first stage or level is responsible for determining the spacing control policy to deal with in the travel, while the second-level controller, which comes later, ensures the correct application of the acceleration commands calculated by the first-level controller. Fig. 1 shows a simple representation of the time-gap spacing laws between two successive vehicles.

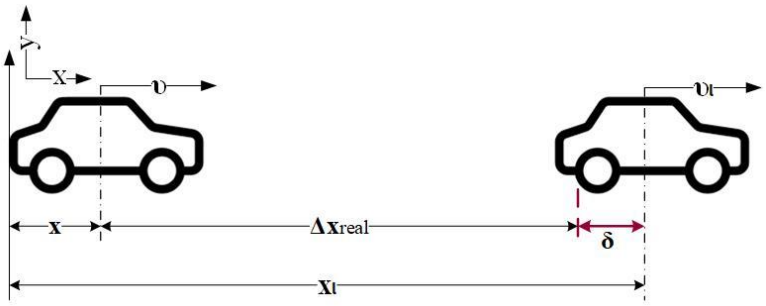


Fig. 1. A simple model for two successive vehicles

From Fig. 1, we can conclude the equation, which will be used to determine the acceleration commands or spacing-control laws, as follows [2]:

$$\delta = \Delta x_{desired} - \Delta x_{real}, \tag{1}$$

where δ is the inter-distance error between the two successive vehicles, and it is the difference between the desired (or wanted) relative inter-distance and the real one. The real and desired inter-distance can be calculated as follows:

$$\Delta x_{real} = x_l - x\ , \tag{2}$$

$$\Delta x_{desired} = d_0 + t_h . v, \tag{3}$$

where $x_l$is the real distance of the leading vehicle, x is the real distance of ACC vehicle, d_0 is the minimal allowed or safe distance to keep between the two vehicles to avoid a collision, t_h is the headway time or time-gap, which has several ways to be obtained that will be mentioned later, and v is the real velocity of the ACC vehicle [2]. For determining the real distance of the vehicle, a variety of resources consider different positions on the vehicle to calculate, where some resources take the real distance of the vehicle to the front-end of the vehicle. Thus, the entire vehicle body will be included. On the other hand, other references consider the vehicle's center of gravity as the reference point to determine the real distance of the vehicle. However, using both methods does not affect the process or results and does not make a difference in obtaining the spacing laws.

There are several theories about measuring the headway along the process. Some research considered it a constant value, which is called ACC with Constant Headway Time (CHT). On the other hand, other researchers aiming to make it more like the real-time system and reliable have considered it a variant and related to the relative velocity between the two vehicles at the time of driving, for what is called ACC with Variable Headway Time (VHT) [3, 5]. Here in the research and for simplicity, it is considered a constant since complex driving scenarios will not be modeled or discussed in this paper.

The second-level controller is responsible for executing the acceleration commands calculated by the first-level controller [4]. It consists of several modules that control the process of self-driving at the time of ACC system activation. Fig. 2 shows the basic components of the second-level controller.

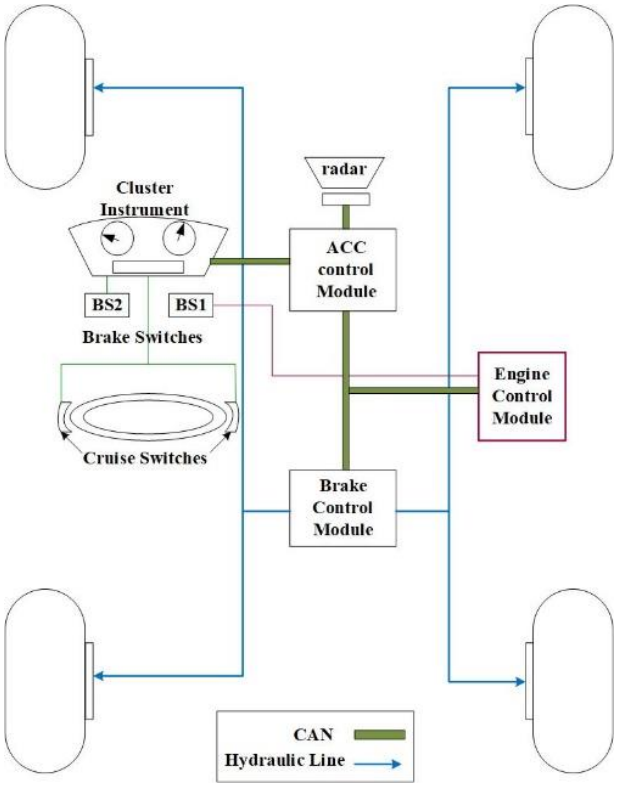


Fig. 2. The basic components of ACC system in a vehicle

From Fig. 2, it is shown that the ACC system consists of four major modules: the ACC control module, the engine control module, the brake control module, and the instrument cluster. The principal module is the ACC control module, which takes the setting commands from the instrument cluster, which is the driver interface for the ACC system, and activates and deactivates the ACC system. Moreover, the ACC control module takes the readings from the radar sensor when the ACC system is activated. After that, it sends acceleration commands to the engine control and brake control modules to accelerate or decelerate the vehicle. As shown in Fig. 2, there are two methods for delivering the command or information: Controller Area Network (CAN), hydraulic line. CAN has a two-wire bus for transmitting and receiving data. It transmits in one frame from 0 to 8 bytes of data. In its header, there is an identifier that determines the priority of the message. At the end of the frame, there is a checksum to verify receiving or transmitting the message.

Since this system has a limited bandwidth due to the way it uses communication between the modules compared with the first-level controller, it has a lag time, which must be considered in the modeling of the system as shown in the following equations:

$$\tau \frac{d}{dt}\ddot{x}(t) + \ddot{x}(t) = a(t), \tag{4}$$

where τ is lag time, a(t) is the acceleration commands obtained by processing the radar detections [4]. By applying the state-space on this equation, a relation between control, input and output parameters can be acquired. Thus, MPC can be applied to optimally control the system. MPC equation will not be illustrated in this paper because of the possibility of modeling without writing these equation on MATLAB/Simulink by using a built-in block, which is ACC with MPC controller as can be seen later.

ACC system modeling

As with other control systems, the ACC vehicle system contains a controller, a plant and feedback devices. The controller that will be used in this paper is the Model Predictive Controller (MPC). The plant block will be represented by the following transfer function, which approximates the dynamics of the throttle body and vehicle inertia and represents the transfer function between the vehicle acceleration commands and velocity.

$$G(s) = \frac{1}{s(\tau s+1)}. \tag{5}$$

In this paper, two Simulink models for modeling ACC systems will be discussed. The main difference between them is whether the sensing devices or feedback devices will be considered objects by themselves or whether unity feedback will be used. The two methods will be discussed as follow.

Simple ACC vehicle model

For modeling or simulating the driving scenarios, not only the under-discussion system has to be modeled but also the other vehicles on the scene. In this simple model, two successive vehicles (the leading and ACC vehicles) will be modeled to study the time-gap control mode. The initial and set velocities for both vehicles were manually specified. The leading vehicle was supposed to be a normal vehicle without ACC; therefore, its model did not have the ACC with MPC controller, but it had saturation control for acceleration and speed. In real life, the vehicles have dynamic limitations on how much they can accelerate and decelerate; therefore, a saturation of a maximum value of 2 m^2/s and a minimum value of -3 m^2/s was affixed after the comparator. In addition, it is necessary to assure that the vehicle will not go backward (have a negative velocity) when the brakes are applied. Hence, a saturation block will be attached to the longitudinal velocity after the vehicle's plant. As can be seen in eq. 5, the lag time is supposed to be 0.5 s in these examples. Fig. 3 shows the model of leading vehicle in this simple example.

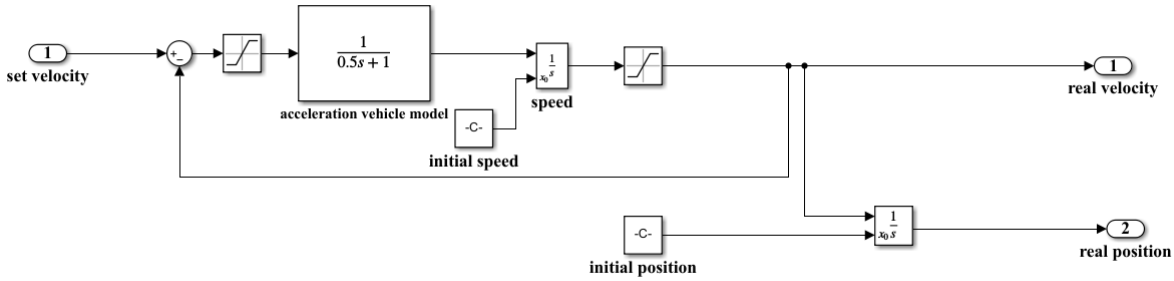


Fig. 3. A simple leading vehicle model

It has to be mentioned that this scheme did not imitate the dynamic driving environment; therefore, complex maneuvers like changing lanes or traveling on curved roads were not considered. Hence, the acceleration commands and resulting velocity will be designated as longitudinal acceleration and velocity, respectively. As shown in Fig. 4, the initial values for velocity and distance have been established.

For the ACC vehicle, it is distinguished from the leading vehicle by adding the ACC with MPC controller block to activate the car following property or time gap control mode. Fig. 4 shows the simple ACC vehicle model.

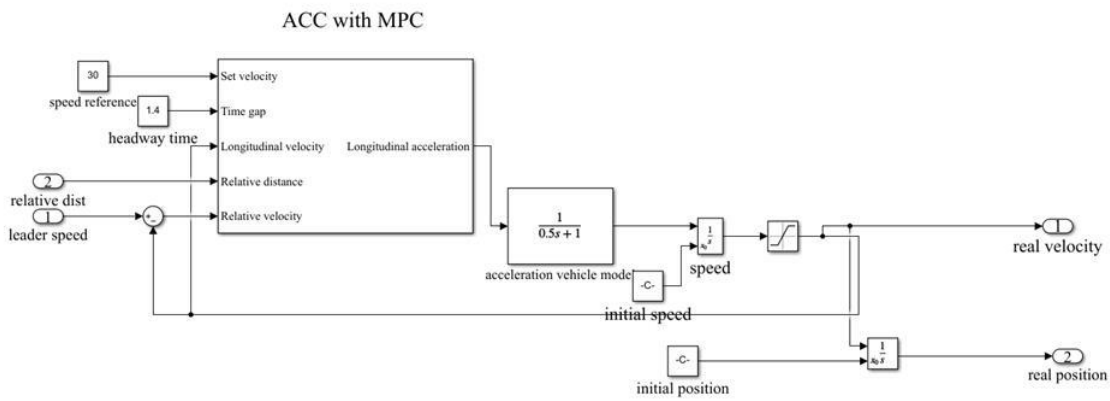
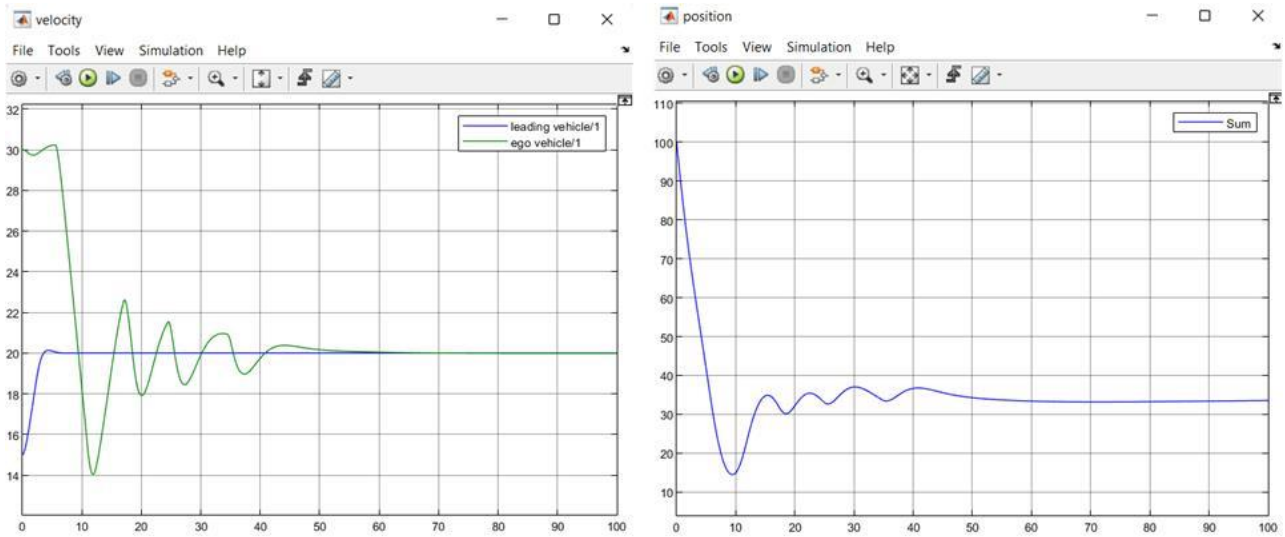


Fig. 4. A simple ACC vehicle model

As can be seen in Fig.4, the ACC with MPC controller block has five inputs: set velocity, which is normally set by the driver, and here it is selected to be 30 m/s; headway time, which is considered

here to be a constant value of 1.4; longitudinal velocity, which is the real velocity of the ACC vehicle; relative distance, which is the difference between the leading and ACC vehicles; and relative velocity for the leading and ACC vehicles.

After running the specified model with specified initial velocities and distance, the resultant longitudinal velocities and relative distance are shown in Fig. 5.



(a) (b)

Fig. 5. The results of running the simple model, (a). The resultant velocities of leading and ACC vehicles, (b). The resultant relative distance

In Fig. 5. (a), it is obviously seen how the ACC vehicle starts from the defined initial velocity and attempts to follow the leading vehicle's velocity until they travel at the same velocity. In Fig. 5. (b), the relative distance between the two vehicles is shown, where the ACC vehicle keeps a specified distance from the leading one. The MPC controller can be tuned to enhance the resultant response by adjusting the number of prediction or sampling time for the specified number of predictions, and adjusting the robustness of the system.

An ACC with sensors model

In this example of modeling, the real-imitating system is built for longitudinal movement on a straight road. It differs from the previous model in that it considers the vehicles, road, and sensors as real objects and simulates their functions mathematically. The most interesting thing about this method is that it can read driving scenarios from different apps. One of these apps is

Driving Scenario Designer (DSD) in MATLAB and CarSim software. Using these apps, the shape of the road (straight or curved), the number of lanes, the number and paths of vehicles (pedestrians, jersey barriers, etc.), and the number of different types of sensors (camera, radar, Lidar, etc.) can be manually determined. This example contains four main blocks: ACC with MPC controller, vehicle dynamics or plant, scenario reader, and sensor detections. The ACC with the MPC controller is as in the previous example, except that it takes the relative distance and velocity from the sensor detection. It also takes the longitudinal velocity from the vehicle dynamics, which imitates the work of a real vehicle and is not selected manually. For the vehicle dynamics block, it is designed by MATLAB engineers to closely imitate the work of a real vehicle. It takes the acceleration from the ACC controller and determines the vehicle's essential parameters of longitudinal velocity, its positions on the x- and y-axes, and its orientation if it travels on a curved road. The scenario reader reads the designed driving scenario and analyzes it to determine the vehicles and sensors on the road. Thus, the sensor detection block checks the sensors' readings, with the help of a MATLAB function, seeks the existence of a leading car on the ACC vehicle's path, and calculates the relative distance and velocity. Fig. 6 shows the major blocks of the model.

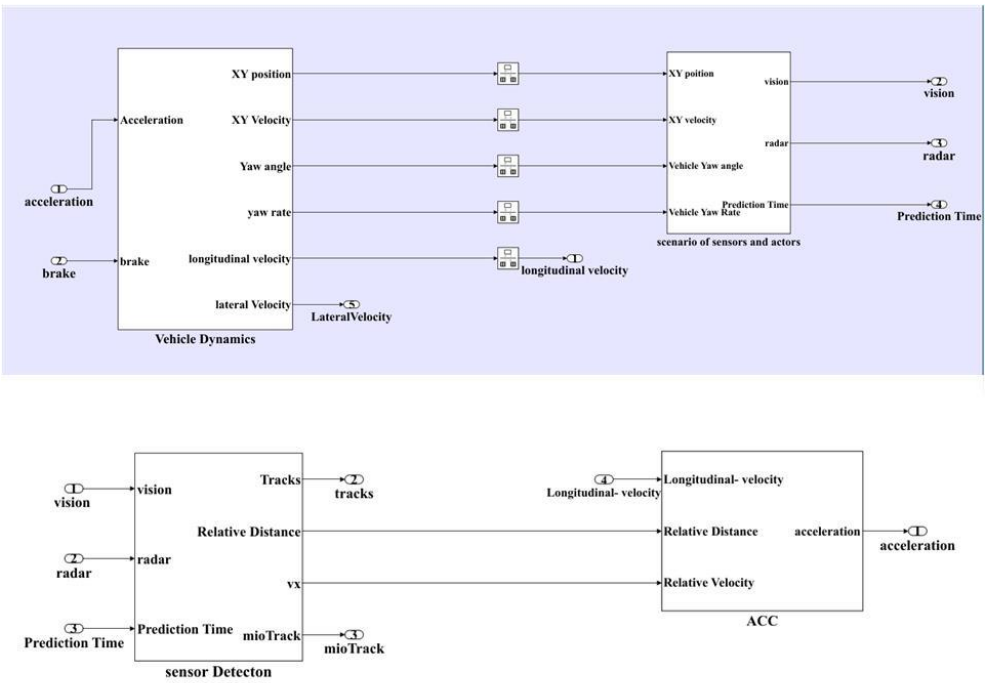


Fig. 6. An ACC with sensors model

After running the previous model, the resultant relative distance and velocity figures have appeared as shown in Fig. 7.

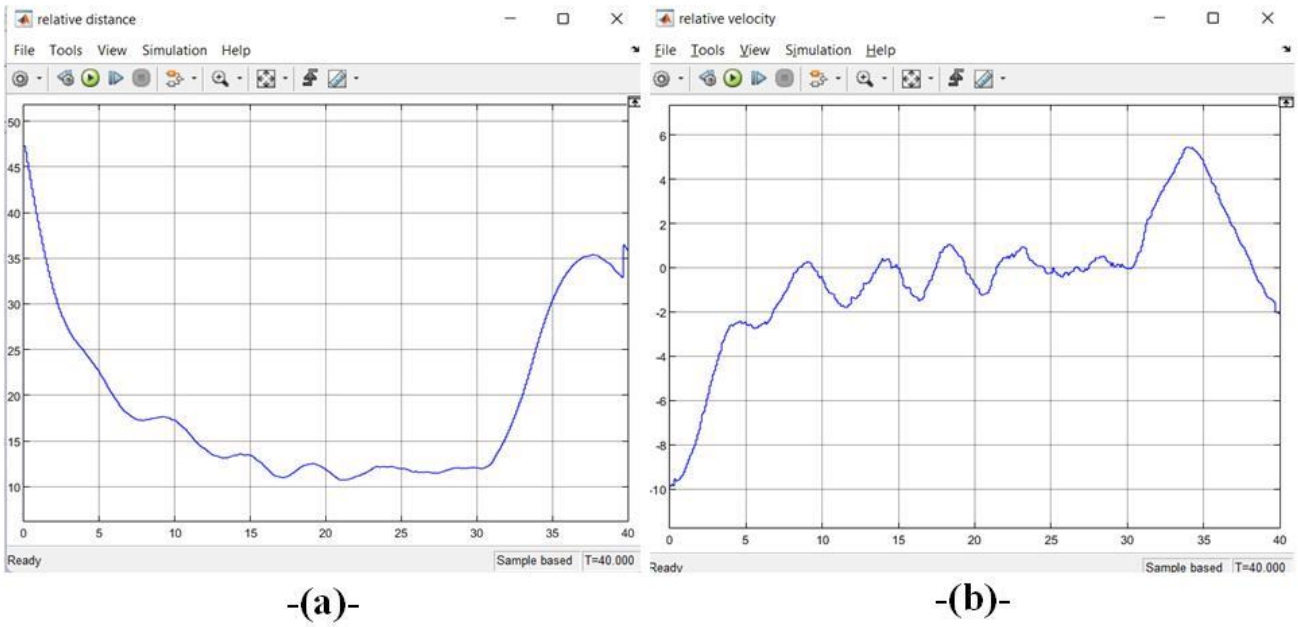


Fig. 7. The results of running ACC with sensors model, (a). The resultant relative distance, (b). The resultant relative velocity

As it can be seen from Fig. 7, the relative distance and velocity between the two successive vehicles did not reach a constant value as in the previous example because of the non-constant longitudinal velocity of the leading vehicle, which is determined in the scenario designer, and this is a distinguishing feature of this model from the previous method. Since there is no negative distance, it means there is no collision. The negative velocity indicates that the ACC vehicle is faster than the preceding vehicle.

Comparison between two methods

Table 1 shows a comparison between the two used models from the points of view of complexity, reality or adaptability, and effectiveness or reliability.

Table

A comparison between two methods

Characteristic	Unity feedback	With sensors feedback
Complexity	Less	More
Reality approximation	Less	More
Effectiveness	Effective	Effective

It is obvious that the second model with sensors is more complex, since it is more like the real-time system. The effectiveness is taken here from the point of checking the work of ACC with MPC controller and is not connected to the building or simulating the driving scenario. Thus, the two methods are supposed to be effective. Nevertheless, the first model can be adjusted to be more complicated and familiar to the second model.

In this paper, an introduction to adaptive cruise control systems has been sketched. Two methods of modeling the vehicle with the ACC system and its surrounding environment have been developed. By comparing two models, several points can be concluded. The complexity of representing this system can be more complicated or simpler, depending on the goal that needs to be achieved. For checking the function and optimal parameters of the MPC controller with the system, the first model is sufficient, clearer to understand, and easier to imply. For checking the response and functionality of the system with different driving scenarios and adding new features to the models, the second model is better.

References

1. Lingyun X., Feng G. A comprehensive review of the development of adaptive cruise control systems // Jo. Vehicle System Dynamics. 2010. Vol. 48. Pp. 1167–1192. DOI: 10.1080/00423110903365910.
2. Lie G., Pingshu G., Yanfu Q. Adaptive Cruise Control Based on Model Predictive Control with Constraints Softening // Jo. Applied Sciences. 2020. Vol. 10. P. 1635.
3. ZhongShun J., HuanHuan Zh., Bo Y. An Improved Variable Time Headway Strategy For ACC // Proceedings of the 2019 International Conference on Robotics, Intelligent Control and Artificial Intelligence ER. 2019. Pp. 293–299.
4. Bageshwar V.L., Garrard W.L., Rajamani R. Model predictive control of transitional maneuvers for adaptive cruise control vehicles // IEEE Transactions on Vehicular Technology. 2004. Vol. 53. №. 5. Pp. 1573–1585. DOI: 10.1109/TVT.2004.833625.
5. Fancher P., Bareket Z. Evaluating Headway Control Using Range Versus Range-Rate Relationships // Vehicle System Dynamics. 1994. Vol. 23:1. Pp. 575–596. DOI: 10.1080/00423119408969076.

УДК 681.51

ОСОБЕННОСТИ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ ПРОЦЕССАМИ

Темирбеков А.[1] *(аспирант)*

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент Афанасьев М.Я.[1]

[1]Университет ИТМО

e-mail: temirbekovalden@gmail.com

Работа выполнена в рамках темы НИР №620150 «Разработка и исследование методики планирования и сопровождения функциональных модулей систем управления производственными процессами»

Современный научно-технический прогресс немыслим без интеллектуального продукта, получаемого в результате инновационной деятельности. На сегодняшний день управление предприятием означает уже управление не процессом, а информацией. Той информацией, которая позволяет четко сказать, что такое производство, в каком состоянии оно находится, определить его узкие места и необходимые изменения. Работа посвящена исследованию и разработке методики планирования и сопровождения функциональных модулей автоматизированной системы, выявлению эффективных методов и средств управления производством.

Ключевые слова
MES, планирование производства, управление организацией, пирамида автоматизации, индустрия 4.0, алгоритмы планирования.

Производители постоянно стремятся инвестировать в решения, которые помогут им повысить производительность при минимальных затратах. Промышленная автоматизация повышает производительность и качество за счет внедрения инновационных и интегрированных технологий, тем самым снижая затраты, связанные с производственным процессом. Отметим, что в настоящее время в указанном классе технических систем распространено использование ряда алгоритмов управления, требующих сложную настройку. Это приводит к необходимости привлекать высококвалифицированных специалистов и проводить дорогостоящую первоначальную настройку и перенастройку в процессе эксплуатации систем автоматического управления. Это ведет к необоснованным затратам со стороны заказчика и, как следствие, мотивирует разработчиков систем управления к проектированию «умных», и при этом простых алгоритмов, способных автоматически адаптироваться к меняющимся условиям и не требующих сложной настройки. Таким образом, в настоящее время крайне востребованы системы управления, которые будут с одной стороны качественно решать поставленную задачу, а с другой – иметь простую, с инженерной точки зрения, настройку и не будут требовать для этого привлечения высококвалифицированных специалистов [1].

Автоматизация характеризуется: крупными инвестициями, квалифицированной рабочей силой, сложностью системы, технологичностью, информационной безопасностью данных [2].

Положительные стороны автоматизации:

- автоматизация увеличивает скорость вашего производства;
- автоматизация снижает частоту ошибок;
- автоматизация снижает затраты;
- автоматизация устраняет утомительные задачи.

Отрицательные стороны автоматизации:

- неправильная автоматизация задачи приводит к множеству ошибок;
- автоматизация сокращает некоторые рабочие места в краткосрочной перспективе;
- автоматизация имеет высокую первоначальную стоимость.

Индустрия 4.0 – это сложная техническая модель, характеризующаяся в первую очередь связью, интеграцией и цифровизацией промышленности, что подчеркивает возможности интеграции всех компонентов в систему создания добавленной стоимости. В этот подход включены цифровые производственные технологии, сетевые коммуникационные технологии, компьютерные технологии и технологии автоматизации. Компоненты индустрии 4.0 и ключевые технологии: Межмашинная (M2M) коммуникация, интернет вещей (IoT), большие данные и интеллектуальный анализ данных, робототехника, дополненная реальность и моделирование, планирование ресурсов предприятия (ERP) и бизнес-аналитика [3].

Производственная система иллюстрируется пирамидой, показанной на рисунке. В настоящее время производственный цех уже сильно реконфигурируется на уровне процесса. Это возможно, начиная с уровня планирования ресурсов предприятия (ERP), где планирование процессов, оперативное управление и т. д. взаимосвязаны. Уровень системы управления производством (MES) настроен для управления планированием, диспетчеризацией производства систематическим образом. Уровень мониторинга, надзора и управления обеспечивает оптимизацию в режиме реального времени и усовершенствованный контроль процесса. Уровень зондирования и приведения в действие включает в себя сбор показаний датчиков и управление производственным процессом. Последний уровень — это фактический производственный процесс [4].

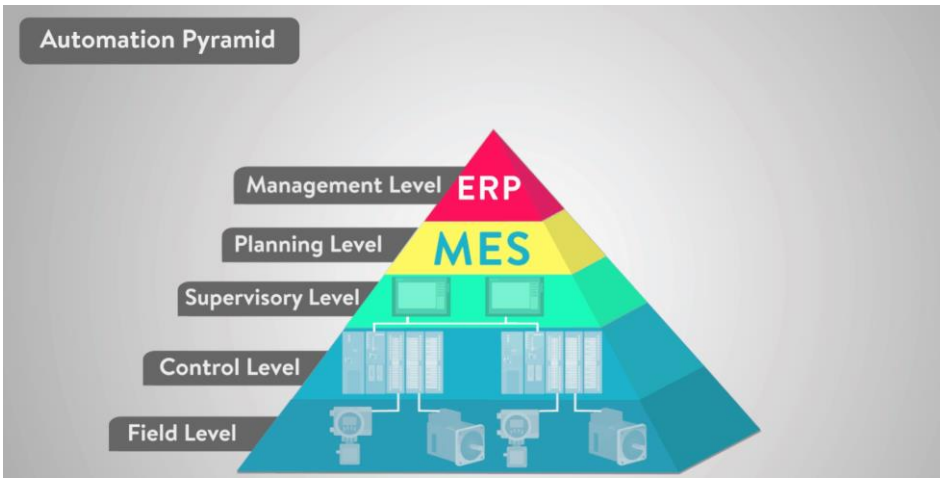


Рисунок. Пирамида автоматизации

Система управления производством (MES) – это информационная система, которая соединяет, контролирует сложные производственные системы и потоки данных на предприятии. Основная цель MES – обеспечить эффективное выполнение производственных операций и повысить производительность [5]. Функции MES:

- **точное планирование и контроль.** Заполнение рабочего запаса с учетом преобладающих производственных ограничений;
- **управление производственными ресурсами.** Сроки и предоставление технически работоспособного оборудования в соответствии с потребностями;
- **управление материалами.** Хранение и утилизация производственных материалов в соответствии со сроками и потребностями, а также хранение оборотных запасов (материалов за пределами складов, управляемых запасами = WiP);
- **управление персоналом.** Обеспечить персонал соответствующей квалификации для производственного процесса в соответствии с графиком. При этом необходимо учитывать данные о возможностях персонала (например, график работы в неделю / смену);

- **сбор данных.** Управляемый событиями сбор данных из процесса. Помимо автоматической передачи данных, возможны полуавтоматический (например, сканер) и ручной сбор данных;
- **управление качеством.** Включает в себя действия, которые влияют на непосредственный производственный процесс, и служит для обеспечения качества продукции и процесса;
- **управление информацией.** Является коммутационным центром для интеграции других задач MES и выполнения всех рабочих процессов при обработке заказов и оптимизации процессов.

Преимущества:

- улучшенное управление качеством и контроль;
- соответствие нормативным требованиям;
- быстрая и точная управленческая отчетность;
- повышенная наглядность и эффективность;
- снижение затрат;
- улучшенное сотрудничество MES в цепочке поставок;
- лучшее и простое управление системами;
- повышение эффективности производства;
- повышение качества;
- сокращение запасов;
- сокращение количества бумаги в производстве;
- прослеживаемость и жизненный цикл продукта.

Известные алгоритмы планирования

Жадный алгоритм, сквозное планирование, планирование от дефицита, гибридный генетический алгоритм, прямое и обратное планирование, мультиагентное планирование, равномерная загрузка оборудования, минимизация переналадок, приоритет коэффициента грузопотока, метод табуированного поиска, муравьиный алгоритм [6].

Подробно изучены тенденции развития автоматизированных систем. Изучена стандартная система автоматизации, подробно описана концепция Индустрии 4.0. Среди классов информационных систем, автоматизирующих процесс планирования, можно выделить ERP, APS и MES-системы. Применение всех трех классов систем требует интеграции между ними, больших финансовых и временных затрат на автоматизацию системы планирования. рассмотрены основные функции и определено, что организация любого производства начинается с его планирования (оперативного, календарного). В основе функций планирования производства лежат различного рода методы и алгоритмы искусственного интеллекта. Таким образом, нами были рассмотрены наиболее распространенные методы и алгоритмы искусственного интеллекта для осуществления планирования производства.

Список использованных источников

1. Лазарев А.А. Теория расписаний. Задачи и алгоритмы. - М.: Изд-во МГУ. 2011. 222 с.
2. Абедини В., Шакери М., Сиахмаргуэй М.Х. и др. Автоматизированная система планирования процесса: новый метод планирования настройки и математическая модель для проектирования арматуры // Proc IMechE, часть B: J Engineering Производство. Epub перед печатью 15 июля 2013.
3. Jiangtao Z., Hejiao H., Xuan W. Resource provision algorithms in cloud computing: A survey // J. Network and Computer Appl. 2016. №. 64. Iss. C. Pp. 23–42.
4. Вдовин П.М., Костенко В.А. Алгоритм распределения ресурсов в центрах обработки данных с раздельными планировщиками для различных типов ресурсов // Известия РАН. Теория и системы управления. 2014. №. 6. С. 80–93.
5. Зотов И.А., Костенко В.А. Алгоритм распределения ресурсов в центрах обработки данных с единым планировщиком для различных типов ресурсов // Известия РАН. Теория и системы управления. 2015. №. 1. С. 61–71.
6. Хуан В, Ху И, Цай Л. Эффективный гибридный подход к графу и генетическому алгоритму для оптимизации планирования процесса для призматических деталей // Int J Adv Manuf Tech. 2012. №. 62(9–12). Pp. 1219–1232.

УДК 620.179.17

ИССЛЕДОВАНИЕ СВЯЗИ АКУСТИЧЕСКИХ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СФЕРОПЛАСТИКОВ

Фирюлин Д.Р.[1] *(студент)*

Научный руководитель – кандидат технических наук Кинжагулов И.Ю.[1]

[1]*Университет ИТМО*

e-mail: danil.firyulin18@mail.ru

Работа выполнена в рамках темы НИР №620164 «Методы искусственного интеллекта для киберфизических систем»

Работа посвящена исследованию связи акустических и физико-механических характеристик сферопластиков. По результатам экспериментальных исследований установлена связь между изменением акустических и физико-механических характеристик сферопластика. Также установлена связь между изменением акустических характеристик и водопоглощением материала.

Ключевые слова
Сферопластик, акустические характеристики, внутренние напряжения, водопоглощение, ультразвуковой контроль.

Сферопластик — это изотропный полимерный композитный материал, состоящий из полимерного связующего и дисперсного наполнителя (рис. 1). Дисперсным наполнителем данного материала являются полые стеклянные микросферы [1]. Сферопластик обладает такими свойствами, как высокая прочность и низкая плотность. Благодаря этим свойствам сферопластик активно применяется в различных направлениях судостроения, главным из которых является обеспечение плавучести на глубинах более 1000 м [2]. За счет низкой плотности порядка 0,5–0,7 г/см^2 блоки из сферопластика обладают достаточно высокой выталкивающей силой, что придает глубоководным объектам хорошие плавучие свойства [3]. Также сферопластик применяют в качестве тепловой защиты обитаемых глубоководных аппаратов [4]. В результате эксплуатации на сферопластики оказывается механическое воздействие, материал сферопластика подвержен износу и разрушению.

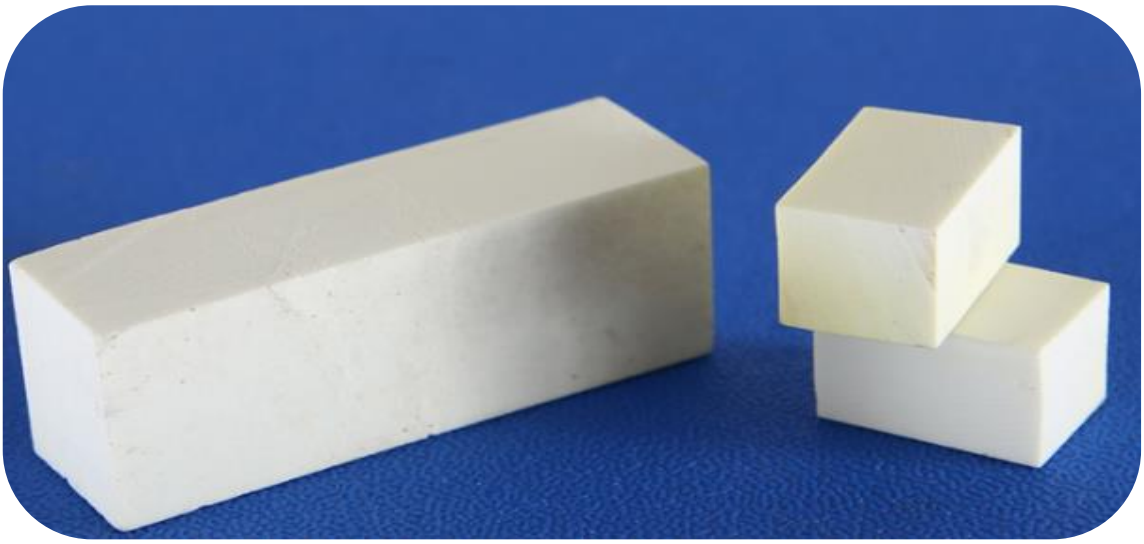


Рис. 1. Сферопластик СВП-1 [1]

Таким образом, актуальной задачей является разработка методики оценки технического состояния сферопластика. В данной работе предложено использовать акустические методы контроля для оценки технического состояния сферопластика. Целью данной работы является исследование связи акустических и физико-механических характеристик сферопластика.

Для достижения поставленной цели были поставлены следующие задачи:

1. Провести исследования с помощью АЭ при проведении механических испытаний образцов сферопластиков с целью установления максимальных внутренних напряжений в образах, при которых происходит дефектообразование.
2. Провести исследования акустических характеристик сферопластика с помощью ультразвукового эхо-метода при ступенчатом нагружении образца.
3. Провести исследования связи между водопоглощением и изменением акустических характеристик сферопластика в зависимости от механических нагрузок, оказываемых на образец.

Для проведения экспериментального исследования с помощью АЭ был подготовлен образец из сферопластика размерами 30 × 30 × 50 мм. Образец нагружался с помощью пресса и одновременно с помощью станции АЭ регистрировались амплитуда и активность сигналов АЭ. После чего было получено максимальное значение механических напряжений, при которых начинается дефектообразование.

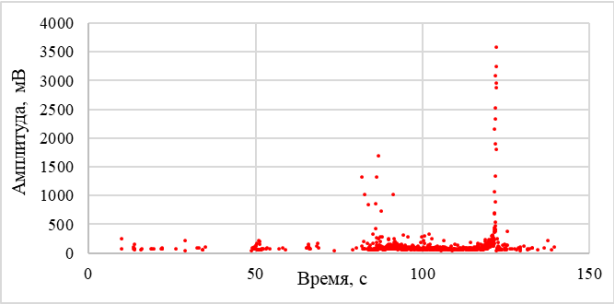


Рис. 2. Амплитуда сигналов АЭ

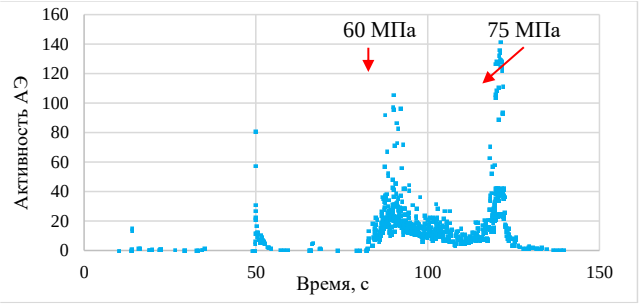


Рис. 3. Активность сигналов АЭ

Как видно на графиках 2 и 3, моменты, когда напряжение составляло 60 МПа и 75 МПа наблюдалась высокая активность АЭ, а также множество высокоамплитудных сигналов АЭ, что свидетельствует о начале дефектообразования при напряжении 60 МПа и разрушении при 75 МПа.

Для экспериментального исследования акустических характеристик сферопластика с помощью ультразвукового эхо-метода также использовался образец размерами 30 × 30 × 50 мм. Данный образец также нагружался с помощью пресса и одновременно с помощью ультразвукового дефектоскопа УСД-60ФР с преобразователем на 1 МГц регистрировались скорость распространения продольной УЗВ, а также амплитуда первого и второго донного сигнала (рис. 4).

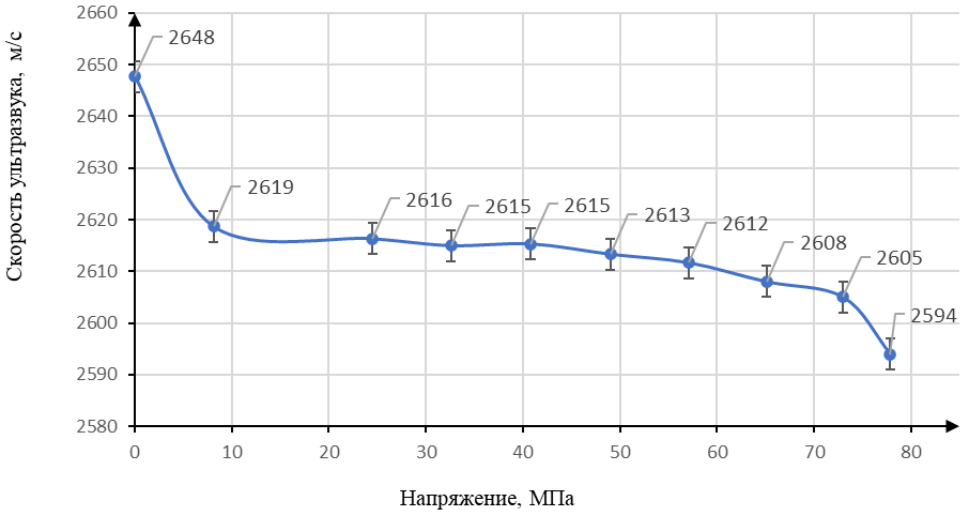


Рис. 4. Изменение скорости УЗВ от напряжения

В результате проведения исследований установлено, что с ростом нагрузки скорость ультразвуковой волны понижается на 54 м/с, а затухание увеличивается.

Для проведения экспериментального исследования связи между водопоглощением и изменением акустических характеристик сферопластика в зависимости от механических нагрузок, оказываемых на образец, были изготовлены четыре образца сферопластика размером 40 × 40 × 40 мм. До начала исследования были измерены масса и акустические характеристики всех четырех образцов. После этого все четыри образца были подвержены механическим воздействиям различной величины. Далее данные образцы были помещены в воду. Через 24 часа были еще раз измерены масса и акустические характеристики образцов.

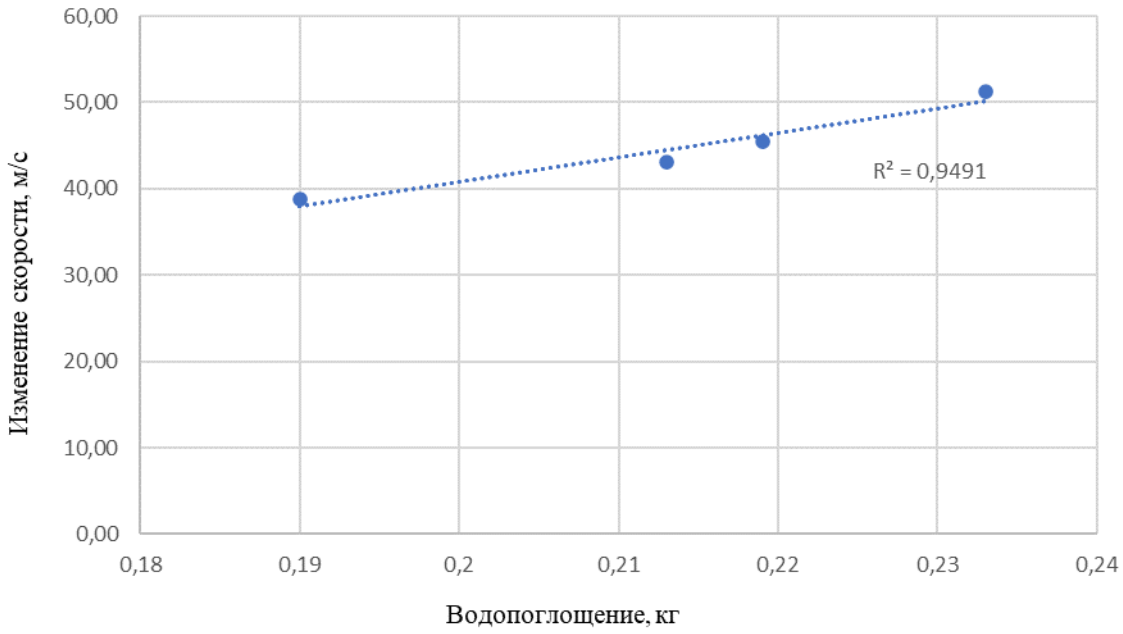


Рис. 5. Зависимость водопоглощения от изменения скорости УЗВ

На рисунке 5 наблюдается высокая корреляция между двумя параметрами, что говорит о том, что при увеличении водопоглощения изменяются и акустические характеристики сферопластика.

В результате исследования было установлено, что существует связь между акустическими и физико-механическими характеристиками сферопластика в виде уменьшения скорости УЗВ и увеличении коэффициента затухания с ростом внутренних напряжений. Также установлена связь между изменением водопоглощения и скорости УЗВ при увеличении напряжения. В дальнейшем данная работа станет основой для разработки методики оценки технического состояния сферопластиков, находящихся длительное время в эксплуатации.

Список использованных источников.

1. Соколов И.И., Минаков В.Т. Сферопластики авиационного назначения на основе эпоксидных клеев и дисперсных наполнителей // Клеи. Герметики. Технологии. 2012. №. 5. С. 22–26.
2. Федонюк Н.Н., Додонов П.А. Структурная модель деформирования и разрушения гетерогенных материалов типа сферопластика при действии гидростатического давления // Труды Крыловского государственного научного центра. 2021. №. 2. С. 37–51.
3. Лебедев В.Л., Косульников В.Ю., Серый П.В., Трошкин С.Н., Анисимов А.В. Прогнозирование гидростатической прочности сферопластиков. // Вопросы материаловедения. 2021. №. 4(108). С. 149–164.
4. Яковенко Т.В., Яруллина Г.К., Гарустович И.В., Шишилов О.Н., Мельников Н.О. Сферопластики как термоизолирующие защитные материалы промышленного назначения // Успехи в химии и химической технологии. 2016. Т. XXX. №. 8. С. 71–73.

УДК 004;612.821

АНАЛИЗ ОБЪЕКТИВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА В ПРОЦЕССЕ ПРОСЛУШИВАНИЯ МУЗЫКАЛЬНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

Цебров А.В.[1] *(студент),* ***Шадус М.А.***[1] *(студент)*

Научный руководитель – доктор медицинских наук, доцент Билый А.М.[1]

[1]*Университет ИТМО*

e-mail: art-tsebrov@yandex.ru, mshadus@list.ru

Работа выполнена в рамках темы НИР №620164 «Методы искусственного интеллекта для киберфизических систем»

Проведен анализ данных функционального состояния человека во время прослушивания музыкальных композиций. Исследованы показатели оценки функционального состояния человека посредством психологического, психофизиологического и эргономического подходов. Рассмотрена возможность управления функциональным состоянием человека посредством воздействия музыкальных композиций при состоянии напряжения.

Ключевые слова

Функциональное состояние, эргономический подход, психологический подход, психофизиологический подход, коррекция, напряжение, музыкальное воздействие, ЭКГ, ВСР.

Современный мир характеризуется высокими ритмами деятельности, неоднозначностью и сложностью, тем самым способен формировать неоптимальную для пребывания человека среду. Для адаптации к условиям внешней среды существуют методы психоэмоциональной регуляции, которые делятся по типу воздействия на внутренний и внешний. Метод внешнего воздействия не является достигающим наилучших результатов, но широко распространен в повседневной жизнедеятельности. Среди подобного множества можно выделить способ прослушивания музыкальных композиций. Существует крупное количество музыкальных интернет-сервисов, способствующих регуляции функционального состояния (ФС) человека. Однако общая их черта заключается в отсутствии учета состояния человека, что может являться предметом улучшений.

Существующие исследования в данной области зачастую минуют вопросы прикладного характера, в частности, временные пределы достоверных изменений, или не осуществляют измерений посредством нескольких подходов.

В рамках исследования были собраны данные 13 студентов возрастом от 21 до 23 лет мужского пола в период зимней сессии. На проверку устанавливалась гипотеза о влиянии прослушивания музыкальных композиций на ФС человека при кратковременном моделировании состояния напряжения на уровне значимости 5%.

В ходе эксперимента моделировалось состояние напряжения как игрового процесса, который требует быстрой и точной реакции при управлении посредством гироскопа мобильного устройства. Процесс может быть интерпретирован как деятельность оператора-манипулятора, которая требует мгновенной ориентировки, точных сенсомоторных реакций и исполнения задач по управлению манипулятором на интуитивном уровне [1].

Эксперимент состоял из этапов следующей длительности и состава:

1. Покой на протяжении 5–6 минут.
2. Игровой процесс на протяжении 7–10 минут. Прослушивание концентрирующих композиций.
3. Покой на протяжении 7–10 минут. Прослушивание спокойных композиций.

Замеры проводились в дневное время в изолированном помещении с максимально доступным количеством света. Прослушивание музыкальных композиций осуществлялось в наушниках на выбранном испытуемым уровне громкости звука и положении сидя.

Для оценки ФС человека применялись следующие подходы:

1. Психологический. Результаты прохождения опросника САН в ЭСКАЛ [2].
2. Психофизиологический. Основывается на измерениях вариабельности сердечного ритма.
3. Эргономический. Суммарное количество игр и набранных баллов.

Исследуемыми показателями являются показатели психофизиологического и эргономического подходов. В рамках психофизиологического подхода применяются следующие методы и показатели:

1. Спектральный. Полная мощность компонентов спектра ВСР(TP) и процентное отношение низкочастотных (LFP%) и высокочастотных (HFP%) компонент. Индексы централизации (ИЦ), вагосимпатического взаимодействия (ИВВ), активации подкорковых нервных центров (ИАП) [3].
2. Геометрический. Индекс напряжения регуляторных систем (ИН) [3].
3. Статистический. SDNN [3].

Источником данных ВСР являлись измерения посредством метода ЭКГ, записываемые с частотой 1 кГц по трем отведениям посредством устройства BioRadio, произведенного компанией Great Lakes NeuroTechnologies. Сигнал переводился в частотно-амплитудную форму быстрым преобразованием Фурье, после чего подвергался очистке фильтром Butterworth 5 порядков ниже 1 Гц и в интервале от 49 до 51 Гц. В восстановленном после очистки сигнале происходило обнаружение R пиков методом нахождения локальных максимумов, обеспеченном библиотекой NeuroKit2 [4]. От итоговых записей для каждого этапа отделялся фрагмент длительностью в 5 минут, как обладающий достаточной точностью для отражения происходящих в организме процессов [3].

Оценка статистической значимости различий осуществлялась посредством двухвыборочного t-критерия Стьюдента или U-критерия Манна-Уитни. Взаимосвязь показателей рассчитывалась посредством коэффициента ранговой корреляции Спирмена.

Итоговая выборка состоит из данных 12 участников. Данные одного участника были исключены ввиду низкой степени надежности ответов в опроснике САН.

Корреляционный анализ не выявил тесной взаимосвязи между абсолютными значениями показателей оценки ФС и результатов прохождения опросника САН. Данные, отраженные на рисунке, подтверждают относительность количественных значений ВСР у разных людей и обосновывают необходимость интерпретации в индивидуальном порядке путем сравнения [3, 5].

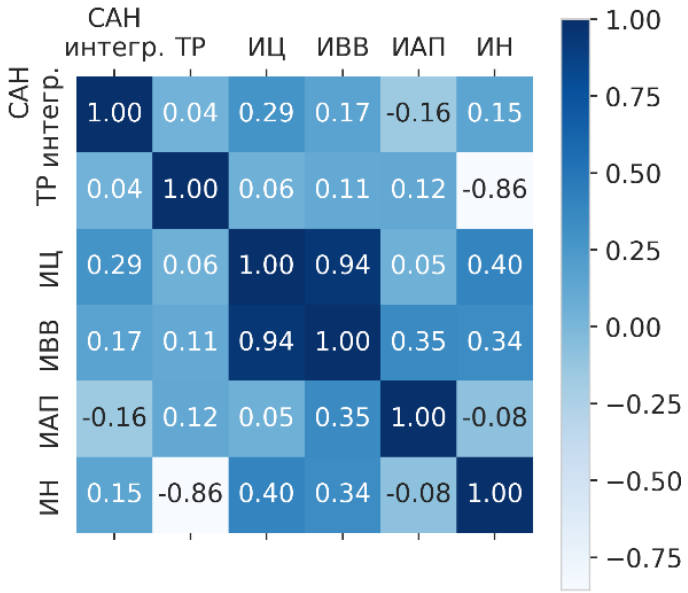


Рисунок. Матрица корреляции показателей на 1 этапе эксперимента

Данные из таблицы 1 отражают динамику во время прохождения эксперимента. Проверка результатов посредством статистического критерия значимости не обнаружила достоверных различий между экспериментальной и контрольной группами (все значения p> 0,05).

Таблица 1

Динамика показателей ВСР спектрального метода оценки ФС

Этап	Группа	LFP%, у. е.	HFP%, у. е.	TP, у. е.	ИВВ, у. е.	ИЦ, у. е.	ИАП, у. е.
2	Контр.	1,006 ± 0,44	1,044 ± 0,54	1,591 ± 0,65	0,714 ± 0,65	1,107 ± 1,12	0,844 ± 0,56
	Эксп.	0,759 ± 0,29	0,667 ± 0,1	1,325 ± 0,6	0,761 ± 0,62	0,613 ± 0,55	1,667 ± 1,5
3	Контр.	1,095 ± 0,42	0,878 ± 0,37	1,591 ± 0,47	1,099 ± 0,93	1,156 ± 0,86	0,888 ± 0,29
	Эксп.	1,191 ± 0,24	0,931 ± 0,26	1,335 ± 0,41	1,52 ± 1,39	2,079 ± 2,43	0,805 ± 0,38

Таким образом, воздействие музыкальных композиций оказывается неразличимым на фоне кратковременно моделируемых состояний при использовании спектральных методов оценки ФС.

Обнаруживается тенденция по уменьшению степени активации симпатической и парасимпатической нервных систем, на которые указывают показатели LFP% и HFP% при возрастающем TP, на этапах 2 и 3 снижается по сравнению с этапом 1 у экспериментальной группы, что может отражать более высокую степень расслабленности во время прослушивания музыкальных композиций.

Показатели, которые отражены в таблице 2, также не обладают достоверным различием между группами по критерию достоверности.

Таблица 2

Динамика показателей ВСР геометрического и статистического методов оценки ФС

Этап	Группа	ИН, у. е.	SDNN, у. е.
2	Контр.	0,604 ± 0,31	1,241 ± 0,32
	Эксп.	1,182 ± 0,83	1,202 ± 0,36
3	Контр.	0,652 ± 0,18	1,278 ± 0,19
	Эксп.	0,919 ± 0,63	1,169 ± 0,17

Показатели, которые отражены в таблице 3, не обладают достоверным различием влияния прослушивания музыкальных композиций на количество набираемых баллов (p = 0,054) и количество игр (p = 0,593). Однако можно обнаружить больший разброс качеств деятельности у контрольной группы, осуществляющей игру без музыкального воздействия.

Таблица 3

Показатели оценки ФС при эргономическом подходе

Группа	Количество игр	Баллы
Контр.	3,4 ± 1,86	48132 ± 5880
Эксп.	4 ± 1,1	55547 ± 2893

Полученные данные свидетельствуют о низкой надежности отдельных показателей оценки ФС человека на полученном наборе данных. Музыкальные композиции оказывают воздействие, которое оказывается невозможным отследить на коротких записях. Следовательно, системы по обеспечении эргономики деятельности, основывающиеся на психофизиологическом подходе, должны обладать либо большей точностью измеряемых процессов в организме, в частности, посредством применения метода электроэнцефалографии, либо строиться вокруг менее точного подхода, который основывается на сравнении показателей более длительных процессов организма.

Достоверных данных о влиянии музыкальных композиций на функциональное состояния человека, которые выражаются показателями эргономического и психофизиологического подходов, не получено. Гипотеза о влиянии музыкальных композиций на

психофизиологические показатели при моделировании состояния напряжении в деятельности оператора-манипулятора не была принята при уровне значимости 5%. Тесной взаимосвязи между результатами прохождения опросника САН и абсолютными значениями показателей ВСР не обнаружено. В связи с этим подтверждена необходимость интерпретации психофизиологических показателей оценки функционального состояния в индивидуальной форме для каждого человека.

Список использованных источников

1. Современные подходы к моделированию деятельности человека-оператора для исследования особенностей воздействия на него факторов различной природы и разработки медико-психологических рекомендаций по оптимизации его деятельности. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.multipsychometr.ru/articles/articles_16.html (дата обращения: 08.03.2023).
2. Билый А.М. Сохранение здоровья и профессионального долголетия: дис. докт. мед. наук – СПб.: ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации. 2020. 231 с.
3. Баевский Р.М., Иванов Г.Г., Гаврилушкин А.П., Довгалевский П.Я., Кукушкин Ю.А., Миронова Т.Ф., Прилуцкий Д.А., Семенов А.В., Федоров В.Ф., Флейшман А.Н., Медведев М.М., Чирейкин Л.В. Анализ вариабельности сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем (Часть 1) // Вестник аритмологии. 2002. №. 24. С. 65–86.
4. Makowski D., Pham T., Lau Z.J., Brammer J.C., Lespinasse F., Pham H., Schölzel C., Chen S.A. NeuroKit2: A python toolbox for Neurophysiological Signal Processing // Behavior Research Methods. 2021. Т. 53. №. 4. С. 1689–1696.
5. Баевский Р.М. Прогнозирование состояний на грани нормы и патологии. – М.: Медицина. 1979. – 194 с.

УДК 51–74

ОПИСАНИЕ И ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ НАДВОДНОГО СУДНА

Шабанов К.А.[1] *(аспирант)*

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент Власов С.М.[1]

[1]*Университет ИТМО*

e-mail: kashabanov@itmo.ru

Работа выполнена в рамках темы НИР №322102 НИР-ФУНД «Развитие методов управления автономным движением маломерных роботизированных плавательных средств»

В данной статье была рассмотрена полная математическая модель надводного судна. Обозначена основная проблематика математического описания морских подвижных объектов. Также подчеркнуто наличие параметрических неопределенностей, характерных для морских судов.

Ключевые слова
Математическая модель, надводное судно, корабль, морской подвижный объект, параметрическая неопределенность.

Математическое описание надводных судов является сложной задачей. В частности, из-за нелинейного характера гидродинамических сил и моментов, действующих на морские подвижные объекты. Все предлагаемые для описания судна математические модели содержат параметрические и функциональные неопределенности. В данной работе рассматривается математическое описание надводных судов.

Согласно законам классической механики движение твердого тела в трехмерном пространстве описывается следующей системой дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} m_x\dot{V}_x + m_z w_y V_z - m_y w_z V_y = F_x, \\ m_y\dot{V}_y + m_x w_z V_x - m_z w_x V_z = F_y, \\ m_z\dot{V}_z + m_y w_x V_y - m_x w_y V_x = F_z, \\ J_x\dot{w}_x = M_x, \\ J_y\dot{w}_y + w_x w_z(J_x - J_z) + V_x V_z(m_x - m_z) = M_y, \\ J_z\dot{w}_z + w_x w_y(J_y - J_x) + V_x V_y(m_y - m_x) = M_z, \end{cases}, \quad (1)$$

где $m_x = m + \lambda_{11}, m_y = m + \lambda_{22}, m_z = m + \lambda_{33}, J_x = J_{xx} + \lambda_{44}, J_y = J_{yy} + \lambda_{55}, J_z = J_{zz} + \lambda_{66}$ – масса-инерционные параметры судна;
m – масса судна;
$\lambda_{11}, \lambda_{22}, \lambda_{33}$ – присоединенные массы судна;
J_{xx}, J_{yy}, J_{zz} – моменты инерции относительно осей x, y, z;
$\lambda_{44}, \lambda_{55}, \lambda_{66}$ – присоединенные моменты инерции судна;
V_x, V_y, V_z – проекции линейной скорости судна;
w_x, w_y, w_z – угловые скорости относительно осей x, y, z;
F_x, F_y, F_z – неинерционные силы, действующие на судно;
M_x, M_y, M_z – неинерционные моменты, действующие на судно [1].

Для объектов, перемещающихся в воде, характерно влияние на масса-инерционные характеристики окружающей среды. Частицы воды, прилегающие к корпусу корабля, из-за вязкости жидкости приобретают кинетическую энергию, которая влияет на инерцию корабля [1].

Система уравнений выражена в связанной с судном системе координат, поскольку в таком виде проще использовать выражения для описания воздействия внешних возмущений. Связанная с судном система координат приведена на рисунке 1.

Движение судна можно рассматривать в следующих плоских неподвижных системах координат:

- несвязная СК $O_0x_0y_0$ – неподвижная система координат, ориентированная по меридиану: ось x направлена на север, а ось y – на восток;
- связанная с судном СК Oxy – система координат, связанная с центром масс судна O, оси которой направлены по осям симметрии корпуса.

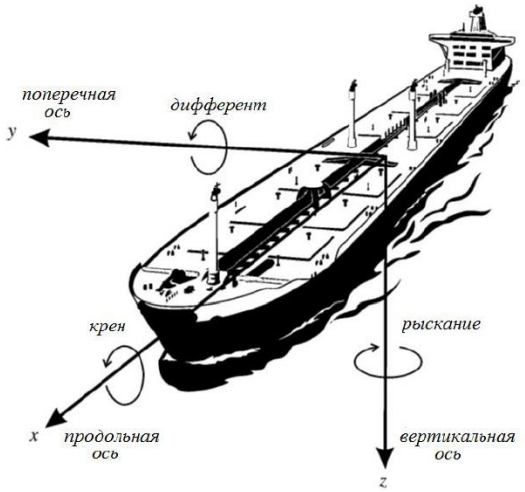


Рис. 1. Связанная с судном система координат [2]

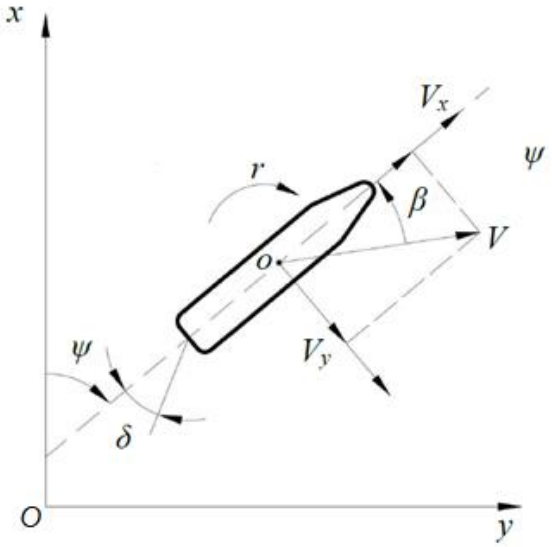


Рис. 2. Системы координат в горизонтальной плоскости [2]

Системы координат, в которых описывается движение судна, приведены на рисунке 2. На рисунке обозначены следующие переменные:

β – угол дрейфа, град,

ψ – угол курса, град,

w – угловая скорость курса, град/с,

V – вектор скорости судна, м/с,

V_x, V_y – проекция V на оси связанной СК Oxy, м/с,

δ – угол перекладки руля, град/с.

Проекции вектора скорости движения судна относительно земли на оси неподвижной системы координат $O_0x_0y_0$ определяются выражениями:

$$\begin{cases} V_{x0} = V_x cos\,\psi - V_y sin\psi, \\ V_{y0} = V_x sin\,\psi + V_y cos\psi. \end{cases} \quad (2)$$

Система (2) позволяет описать движение судна в горизонтальной плоскости с точки зрения кинематики. Определить положение и ориентацию судна в неподвижной системе координат можно решив следующую систему дифференциальных уравнений в форме Коши:

$$\begin{cases} \dot{x}_0 = V_{x0}, \\ \dot{y}_0 = V_{y0}, \\ \dot{z}_0 = V_{z0}, \\ \dot{\theta} = w_x, \\ \dot{\varphi} = w_y, \\ \dot{\psi} = w_z. \end{cases} \quad (3)$$

Обычно для исследования движения судна берут более простую модель. Принимается допущение, что изменение осадки, углов крена и дифферента судна невелико. Тогда движение судна можно рассматривать как плоскопараллельное движение твердого тела в горизонтальной плоскости. В этом случае количество дифференциальных уравнений существенно сокращается. В большинстве случаев такое упрощение оправдано.

Рассмотрим влияние внешних сил на судно. В математической модели (1) влияние внешних возмущений характеризуется неинерционными силами и моментами в правой части. Неинерционные силы и моменты включают в себя: аэродинамические силы и моменты на корпусе, гидродинамические силы и моменты на корпусе, силы веса и плавучести, управляющие силы и моменты, силы и моменты, вызванные ветроволновыми возмущениями.

Взаимодействие корпуса судна с окружающей средой обусловлено не только силами инерции, которые отражены в присоединенных массах и моментах инерции, вошедших в уравнения динамики (1). Вязкие свойства жидкости и воздуха приводят к появлению аэро- и гидродинамических сил. Вязкость воды и воздуха оказывает схожий эффект на корпус судна и описываются одинаковыми математическими выражениями, которые отличаются количественными показателями (плотностью среды, коэффициентом вязкости, скоростью потока и т.д.) [1].

Формулы, гидродинамических сил и моментов, имеют следующий вид:

$$\begin{bmatrix} R_x^{\text{г}} \\ R_y^{\text{г}} \\ R_z^{\text{г}} \end{bmatrix} = 0{,}5\rho_{\text{г}} V_{\text{г}}^2 S \begin{bmatrix} c_x^{\text{г}} \\ c_y^{\text{г}} \\ c_z^{\text{г}} \end{bmatrix} = 0{,}5\rho_{\text{г}} V_{\text{г}}^2 \sqrt[3]{v^2} \begin{bmatrix} c_x^{\text{г}} \\ c_y^{\text{г}} \\ c_z^{\text{г}} \end{bmatrix},$$

$$\begin{bmatrix} M_x^{\text{г}} \\ M_y^{\text{г}} \\ M_z^{\text{г}} \end{bmatrix} = 0{,}5\rho_{\text{г}} V_{\text{г}}^2 SL \begin{bmatrix} m_x^{\text{г}} \\ m_y^{\text{г}} \\ m_z^{\text{г}} \end{bmatrix} = 0{,}5\rho_{\text{г}} V_{\text{г}}^2 v \begin{bmatrix} m_x^{\text{г}} \\ m_y^{\text{г}} \\ m_z^{\text{г}} \end{bmatrix},$$

где $\rho_{\text{г}}$ – плотность жидкости,
$V_{\text{г}}$ – скорость потока жидкости, обтекающей корпус судна,
S, L, v – характерные площадь, длина и объем объекта,
$c_x^{\text{г}}, c_y^{\text{г}}, c_z^{\text{г}}$ – безразмерные коэффициенты продольной, поперечной и нормальной гидродинамических сил,
$m_x^{\text{г}}, m_y^{\text{г}}, m_z^{\text{г}}$ – безразмерные коэффициенты гидродинамических моментов крена, дифферента и рыскания.

Формулы, аэродинамических сил и моментов, имеют следующий вид:

$$\begin{bmatrix} R_x^A \\ R_y^A \\ R_z^A \end{bmatrix} = 0{,}5\rho_A V_A^2 S \begin{bmatrix} c_x^A \\ c_y^A \\ c_z^A \end{bmatrix} = 0{,}5\rho_A V_A^2 \sqrt[3]{v^2} \begin{bmatrix} c_x^A \\ c_y^A \\ c_z^A \end{bmatrix},$$

$$\begin{bmatrix} M_x^A \\ M_y^A \\ M_z^A \end{bmatrix} = 0{,}5\rho_A V_A^2 SL \begin{bmatrix} m_x^A \\ m_y^A \\ m_z^A \end{bmatrix} = 0{,}5\rho_A V_A^2 v \begin{bmatrix} m_x^A \\ m_y^A \\ m_z^A \end{bmatrix},$$

где ρ_A – плотность воздуха,
V_A – скорость потока воздуха, обдувающего корпус судна,
S, L, v – характерные площадь, длина и объем объекта,
c_x^A, c_y^A, c_z^A – безразмерные коэффициенты продольной, поперечной и нормальной аэродинамических сил,
m_x^A, m_y^A, m_z^A – безразмерные коэффициенты аэродинамических моментов крена, дифферента и рыскания.

Любое судно испытывает на себе силу веса. При произвольной пространственной ориентации судна она раскладывается на составляющие в подвижной СК. Также на судно

действует подъемная сила со стороны вытесненной жидкости – сила плавучести, точка приложения которой, в общем случае, не совпадает с центром масс. Суммарное воздействие сил веса и плавучести определяется наложением их проекций:

$$R_{AGx} = (A - G)sin\psi,$$
$$R_{AGy} = -(A - G)cos\psi \cdot sin\theta,$$
$$R_{AGz} = (A - G)cos\psi \cdot cos\theta,$$

где разность $A - G$ определяет плавучесть корабля.

Также эти силы создают моменты:

$$M_{Ax} = -Az_A cos\psi \cdot cos\theta - Ay_A cos\psi \cdot sin\theta,$$
$$M_{Ay} = Ax_A cos\psi \cdot cos\theta - Az_A sin\psi,$$
$$M_{Az} = Ax_A cos\psi \cdot sin\theta + Ay_A sin\psi.$$

где x_A, y_A, z_A – плечи сил плавучести.

Средства управления обеспечивают движение судна в заданном направлении. К ним прежде всего относятся главные движители. Управление осуществляется с помощью рулей и подруливающих устройств. Наиболее распространенным движителем является гребной винт. Рассмотрим конфигурацию с одним движителем – гребным винтом, насаженным на рулевую колодку.

Сила тяги гребного винта вдоль оси вала определяется по формуле

$$T_д = c_д(\delta_{ш.в.}, \beta_д)\rho n^2 d^4,$$

где n, d– частота вращения и диаметр винта,
$c_д(\delta_{ш.в.}, \beta_д)$ – коэффициент упора, зависит от конструкции, шага винта и направления потока жидкости,
$\delta_{ш.в.}$ – шаг винта,
$\beta_д$ – угол направления потока жидкости относительно оси винта.

Проекции сил и моментов, создаваемых винтом, имеют следующий вид:

$$T_{дx} = T_д cos\gamma,$$
$$T_{дy} = T_д sin\gamma,$$
$$T_{дz} = 0,$$

$$M_{дx} = \frac{h}{2} T_д sin\gamma,$$
$$M_{дy} = dT_д cos\gamma,$$
$$M_{дz} = \frac{L}{2} T_д sin\gamma,$$

где γ – угол поворота винта;
h, d, L – габаритные размеры корпуса судна.

Рассмотрение влияния ветроволновых сил на движение судна в данной работе будет опущено. Изучить этот вопрос можно, например, в работах [3, 4].

Правые части уравнений представляю из себя суммы всех неинерционных сил и моментов в проекциях на координатные оси:

$$\begin{cases} F_x = R_x^г + R_x^A + R_{AGx} + T_{дx}, \\ F_y = R_y^г + R_y^A + R_{AGy} + T_{дy}, \\ F_z = R_z^г + R_z^A + R_{AGz}, \\ M_x = M_x^г + M_x^A + M_{Ax} + M_{дx}, \\ M_y = M_y^г + M_y^A + M_{Ay} + M_{дy}, \\ M_z = M_z^г + M_z^A + M_{Az} + M_{дz}. \end{cases} \quad (4)$$

Данное математическое описание содержит параметрические неопределенности. Следующие параметры являются неопределенными: присоединенные массы $\lambda_{11}, \lambda_{22}, \lambda_{33}, \lambda_{44}, \lambda_{55}, \lambda_{66}$; коэффициенты гидродинамических сил и моментов $c_x^{\text{г}}, c_y^{\text{г}}, c_z^{\text{г}}, m_x^{\text{г}}, m_y^{\text{г}}, m_z^{\text{г}}$; коэффициенты аэродинамических сил и моментов $c_x^{\text{А}}, c_y^{\text{А}}, c_z^{\text{А}}, m_x^{\text{А}}, m_y^{\text{А}}, m_z^{\text{А}}$ и коэффициент упора гребного винта $c_{\text{д}}(\delta_{\text{ш.в.}}, \beta_{\text{д}})$. Обычно данные параметры вычисляют на основе эмпирических данных или берут приближенные значения из справочников [5].

В данной работе рассмотрена математическая модель надводного водоизмещающего судна. Данная модель содержит параметрические неопределенности. В будущем планируется выполнить идентификацию параметров модели одним из известных методов, таких как: метод наименьших квадратов (МНК), градиентный метод, фильтр Калмана или метод динамического расширения и смешивания регрессора (DREM).

Список использованных источников

1. Лукомский Ю.А., Чугунов В.С. Системы управления морскими подвижными объектами / Ю.А. Лукомский, В. С. Чугунов. – Л.: Судостроение. 1988. 272 с.
2. Казак Е.Ю. Алгоритм оценки и настройки параметров системы управления курсом судна: ЮУрГУ (НИУ), ВШЭКН. 2017 г. 46 с.
3. Вагущенко Л.Л. Системы автоматического управления движением судна / Л.Л. Вагущенко, Н.Н. Цымбал – Одесса: Феникс. 2007. 328 с.
4. Fossen T.I. Handbook of marine craft hydrodynamics and motion control. – John Wiley & Sons Inc. 2011. 575 p.
5. Справочник по теории корабля: В 3 т. / Под ред. Я.И. Войткунского. – Л.: Судостроение. 1985. 768 с.

УДК 004.514

АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНТЕРФЕЙСОВ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ В АВТОМОБИЛЬНОЙ СРЕДЕ

Шафоростова Е.А.[1] *(студент),* ***Смолин А.А.***[1]

[1]*Университет ИТМО*

e-mail: 335253@niuitmo.ru

Дополненная реальность в автомобильной промышленности обеспечивает повышение безопасности на дороге. Многие компании активно занимаются этой проблемой, но единых критериев по элементам интерфейса не выработано. Проведенный эксперимент позволяет определить, как влияет вид элементов интерфейса на время принятия решений водителем.

Ключевые слова
Интерфейс дополненной реальности, управление автомобилем, пользовательский интерфейс, интерфейс дополненной реальности на лобовом стекле автомобиля, дополненная реальность.

Технологии дополненной и виртуальной реальности становятся частью различных сфер деятельности человека. Расширенная реальность влияет на наше зрение, слух и даже восприятие.

С конца 80-х годов технология дополненной реальности используется в серийных автомобилях, и сегодня ряд крупных производителей, таких как Audi, BMW, Citroen, Honda, KIA, включают дополненную реальность в автомобили бизнес-класса [1]. Это необходимо для решения проблем восприятия информации водителем, а также для изменения времени реагирования при получении данных от систем автомобиля и одновременном отслеживании ситуации на дороге.

Внедрение технологий дополненной реальности обусловлено следующими факторами:

1. Повышение безопасности на дороге.
2. Необходимость снижения нагрузки на водителя.

Цель исследования: изучить, как элементы интерфейса дополненной реальности влияют на управление автомобилем. Задачи:

1. Анализ существующих решений.
2. Разработка прототипа интерфейса информационной системы автомобиля.
3. Проведение пилотного и основного экспериментов.

Проведен анализ существующих на данный момент аналогов. Например, компания BMW была первой, кто использовал дополненную реальность в автомобильной промышленности. На сегодняшний день этой компанией представлен проект BMW ///M Mixed Reality [2], который воплощен совместными усилиями специалистов бренда BMW M и компании Epic Games. Он представляет собой игровой уровень с препятствиями и бонусами в пределах специального гоночного трека. Взаимодействие с виртуальным пространством реализовано с помощью VR-очков и настоящего BMW M2. Надевая VR-очки, водитель попадает в виртуальное пространство с абсолютно реальными ощущениями от вождения. В игре фиксируются повороты руля, степень нажатия педалей, а также все движения BMW M2 по трассе.

Hyundai предлагает приложение дополненной реальности для подбора конфигурации автомобиля, а также приложение Hyundai Virtual Guide [3], которое позволяет водителям использовать свои телефоны или планшеты, чтобы лучше узнать свои автомобили и научиться выполнять базовое техническое обслуживание без необходимости сверяться с многостраничным бумажным руководством пользователя.

Также обратим внимание на симулятор вождения от Toyota [4]: реалистичная графика, анимация, шум и имитация дорожного движения. TeenDrive365 предназначен для обучения новичков вниманию на дороге, умению избегать любых отвлекающих факторов, таких как текстовые сообщения или общение с друзьями во время вождения.

В мае 2022 года Microsoft и Volkswagen представили усовершенствованный прототип интерфейса смешанной реальности для HoloLens 2, который содержит в себе такие элементы, как навигация и различные предупреждения (напр., пешеходы) [5]. В 2023 году поступит в продажу модель ID.3 от Volkswagen с интерфейсом дополненной реальности.

Проведена работа с научной литературой по данной теме. В статье «Технология визуализации объектов дополненной реальности, зависящих от геоинформационных данных» [1] представлен довольно лаконичный интерфейс, с двумя элементами: навигационные указатели и текущее время. В работе «Driving performance and technology acceptance evaluation in real traffic of a smartphone-based driver assistance system» [6] предложен многофункциональный интерфейс, который включает в себя гораздо больше элементов: это и показатели скорости, текущее время, элементы навигации, названия улиц, предупреждения об опасностях (например, пешеходы), индикаторы состояния систем автомобиля.

Перед созданием собственного прототипа был проведен опрос [7], в котором приняли участие 50 респондентов, имеющих опыт вождения автомобиля, 36 из них имели опыт более 10 лет. Он содержал вопросы, определяющие внешние факторы, такие как: опыт вождения, взаимодействие с интерфейсами дополненной реальности. Следует обратить внимание на вопрос о приоритетности элементов интерфейса при управлении автомобилем. Отвечая на этот вопрос чаще всего выбирали такие элементы, как предупреждение о критических неисправностях, таких как перегрев двигателя, низкий уровень масла, неисправность тормозов, указатели маршрута и уведомления о дорожных знаках, скоростных ограничениях, опасных участках дороги.

Был проведен основной эксперимент, в котором приняло участие 32 респондента, так как из 42-х приглашенных, десять человек не закончили прохождение эксперимента по техническим причинам.

Сформулированы следующие гипотезы:

1. Гипотеза №1: если интерфейс дополненной реальности состоит из элементов с заливкой, то среднее время принятия решений водителем уменьшится по сравнению с интерфейсом дополненной реальности из контурных элементов при прочих равных условиях.
2. Гипотеза №2: чем больше опыт вождения пользователя, тем дольше он справляется с заданиями.
3. Гипотеза №3: чем больше у пользователя опыт взаимодействия с интерфейсами дополненной реальности, чем быстрее он справляется с заданиями.

Разработан интерфейс для использования в видеозаписях. При выборе дизайна элементов изучались аналоги, в том числе интерфейс, применяющийся Volkswagen Norge [8] в модели ID.3 (рис. 1).

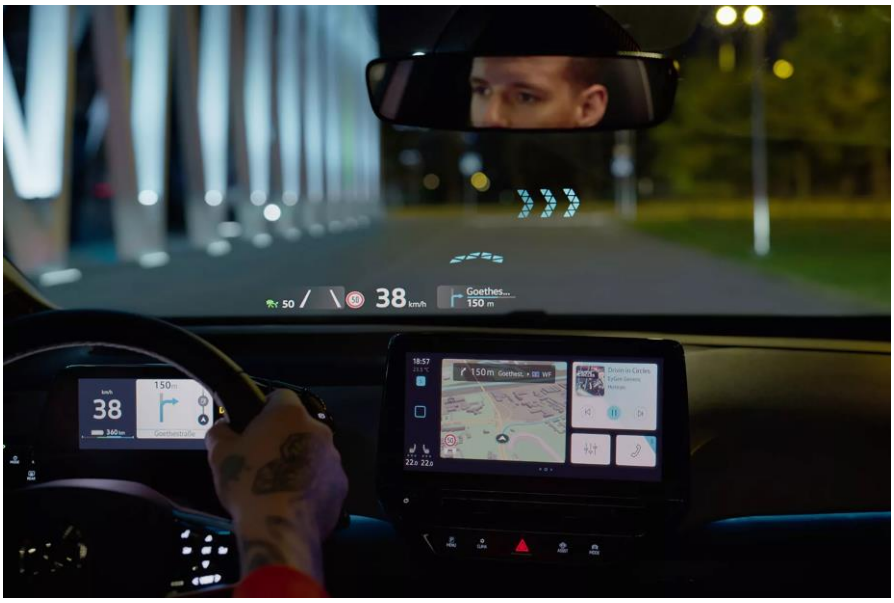


Рис. 1. ID.3

Первый интерфейс содержит элементы предупреждений о ситуации на дороге с заливкой, представленные на рисунке 2.

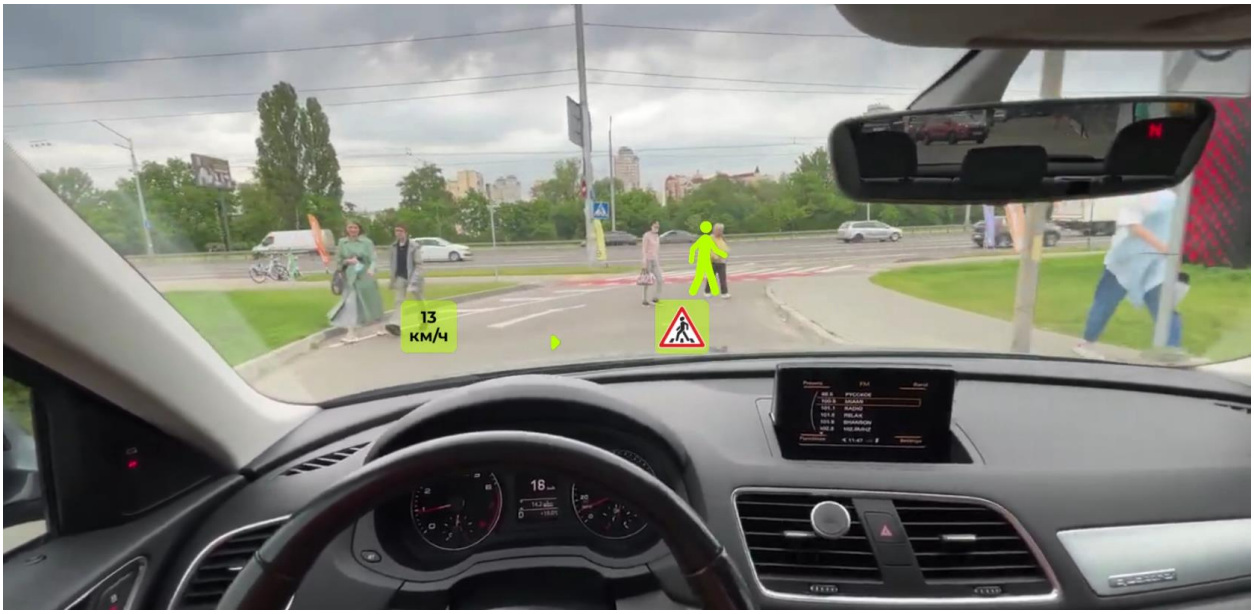


Рис. 2. Первый интерфейс

Во втором интерфейсе эти элементы присутствуют в виде контурных обозначений (рис. 3).

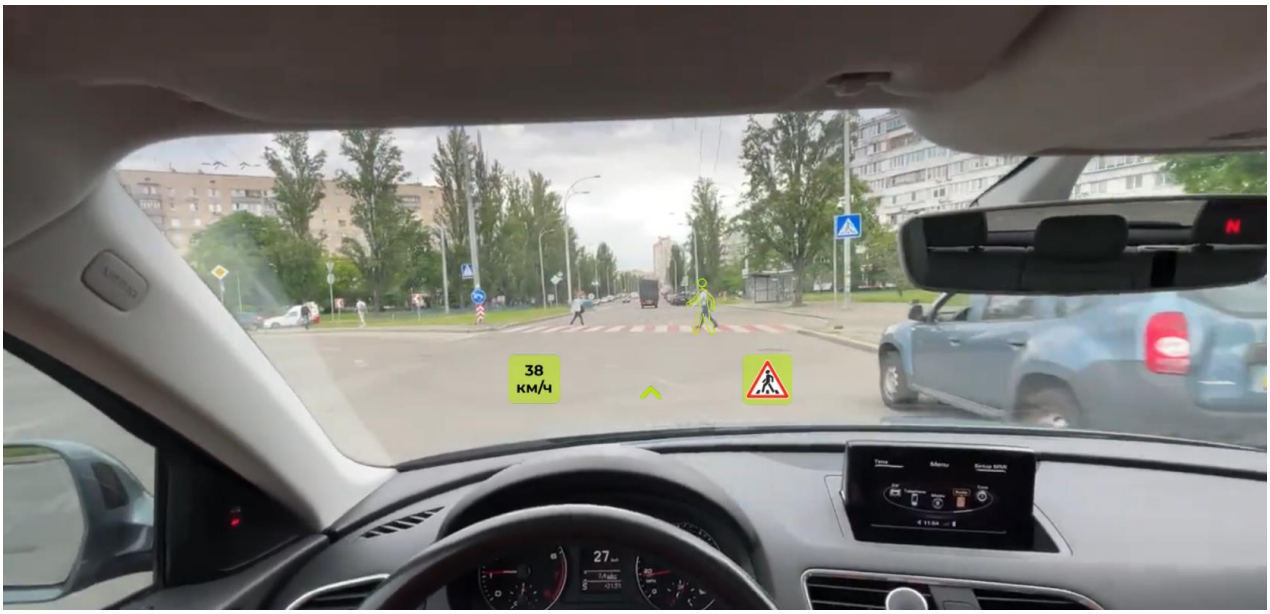


Рис. 3. Второй интерфейс

Во время просмотра видеозаписей пользователю давались задания и время выполнения фиксировалось моментом, когда пользователь ответил на вопрос.

Зафиксированы внешние факторы, время, потраченное на каждое из заданий в двух интерфейсах, общее время выполнения заданий. 15 респондентов имели опыт вождения более 10 лет, 18 человек не имели ранее опыта взаимодействия с интерфейсами дополненной реальности. На прохождение эксперимента респонденты тратили от 34 секунд до 488. В случае с 22 респондентами, на второй интерфейс было потрачено меньше времени, чем на первый.

Для наглядности данные представлены в виде круговой диаграммы (рис. 4), где синим цветом отмечено количество отрицательных разностей, а красным – положительных.

Все вышесказанное позволяет сделать следующие выводы: водители, взаимодействуя с системами автомобиля, считывая одновременно информацию от автомобильных систем и следя за ситуацией на дороге, сталкиваются с определенной нагрузкой.

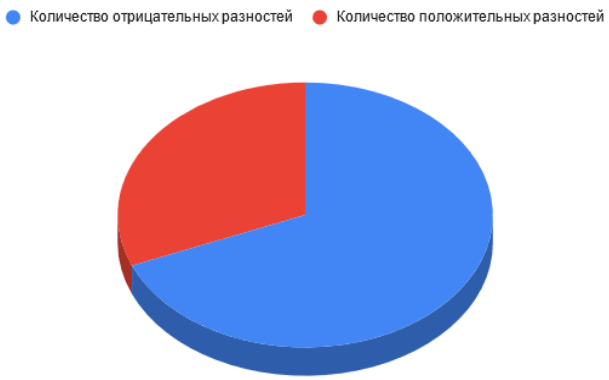


Рис. 4. Результаты эксперимента

Такой параметр, как тип элементов интерфейса, также следует принимать во внимание. Многие крупные производители автомобилей и исследователи предлагают свои решения в этой области, но все они значительно отличаются друг от друга.

Разработан прототип интерфейса в двух вариантах и подготовлены видеоматериалы для эксперимента. Проведен эксперимент на 32 респондентах.

Гипотеза №1 о влиянии рандомизированной переменной на измеряемую переменную получила статистическое подтверждение при p-value = 0,29%. Гипотеза проверялась с помощью теста Уилкоксона с левосторонним направлением проверки.

Гипотеза № 2 о корреляции получила статистическое подтверждение при p-value = 0,09%. Она проверялась с помощью преобразования Фишера от коэффициента Спирмена с поправкой Филлера-Хартли-Пирсона с правосторонним направлением проверки.

Гипотеза № 3 о корреляции получила статистическое опровержение при p-value = 25,39%. Проверялась с помощью преобразования Фишера от коэффициента Спирмена с поправкой Филлера-Хартли-Пирсона с двусторонним направлением проверки. Фактическая мощность при n = 32 для конкурирующей гипотезы rs = -0,745 при уровне значимости a = 1,67% составляет 99% (β = 0,01).

Список использованных источников

1. Коротышева А.А., Жуков С.Н. Вестник воронежского государственного технического университета // Вестник воронежского государственного технического университета. 2021. Т. 17. №. 6. С. 28–33.
2. BMW M Mixed Reality: a unique driving experience. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.bmw-m.com/en/topics/magazine-article-pool/m-mixed-reality.html (дата обращения: 05.01.2023).
3. Hyundai Virtual Guide Introduces Augmented Reality to the Owner's Manual. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.hyundai.com/ (дата обращения: 05.01.2023).
4. TeenDrive365 In School. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.teendrive365inschool.com/ (дата обращения: 05.01.2023).
5. Deborah Bach, With their HoloLens 2 project, Microsoft and Volkswagen collaborate to put augmented reality glasses in motion. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://news.microsoft.com/transform/with-their-hololens-2-project-microsoft-and-volkswagen-collaborate-to-put-augmented-reality-glasses-in-motion/ (дата обращения: 05.05.2022).
6. Voinea G.D. et al. Driving performance and technology acceptance evaluation in real traffic of a smartphone-based driver assistance system // International journal of environmental research and public health. 2020. Т. 17. №. 19. С. 7098.
7. Шафоростова Е.А. Анализ использования интерфейсов дополненной реальности в автомобильной среде // Развитие науки и практики в глобально меняющемся мире в условиях. 2022. С. 102.
8. My ID.3. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.volkswagen.no/no/alle-bilmodeller/id3.html (дата обращения: 17.01.2023).

УДК 620.192.3

УЛЬТРАЗВУКОВОЙ КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА РАДИОПОГЛОЩАЮЩИХ ПОКРЫТИЙ

Шмаков А.М. [1,2] *(аспирант)*

Научный руководитель – доктор технических наук Федоров А.В.[1]

[1]*Университет ИТМО*
[2]*Учреждение науки ИКЦ СЭКТ*

e-mail: alyosha-shmakov@yandex.ru

В работе проводится сравнительный анализ и выявление преимуществ применения ультразвукового эхо-метода для контроля качества радиопоглощающих покрытий. Задачами настоящей работы является апробация двух методов ультразвукового контроля – с пьезоэлектрической и оптико-акустической генерацией акустических колебаний, - на экспериментальных образцах радиопоглощающих покрытий. Эксперимент проводился на образцах с одно-, двух-, и трехслойными покрытиями на металлической подложке и подложке из полимерных композиционных материалов. Установлено, что ультразвуковой эхо-метод с пьезоэлектрической и с оптико-акустической генерацией акустических колебаний позволяет измерять общую толщину покрытий.

Ключевые слова
Контроль качества, ультразвуковой эхо-метод, толщина покрытий, пьезоэлектрическая генерация, оптоакустическая генерация.

В настоящее время при разработке перспективных образцов авиационных комплексов особое внимание уделяется снижению их радиолокационной заметности, что достигается с помощью радиопоглощающих покрытий и материалов [1]. Радиопоглощающие покрытия (РПП) изготовлены из композиционного материала, наполненного функциональными частицами различных составов и морфологии [2–4]. При нанесении РПП на поверхность изделий, в результате длительной эксплуатации, хранения, температурного, механического, радиационного и светового воздействия физико-механические свойства РПП могут ухудшаться.

Для контроля качества РПП, а именно контроля толщины покрытия автор использовал ультразвуковой эхо-метод. При контроле эхо-методом один и тот же преобразователь является генератором и приемником ультразвуковых колебаний. На рисунке 1 приведена схема контроля эхо-методом.

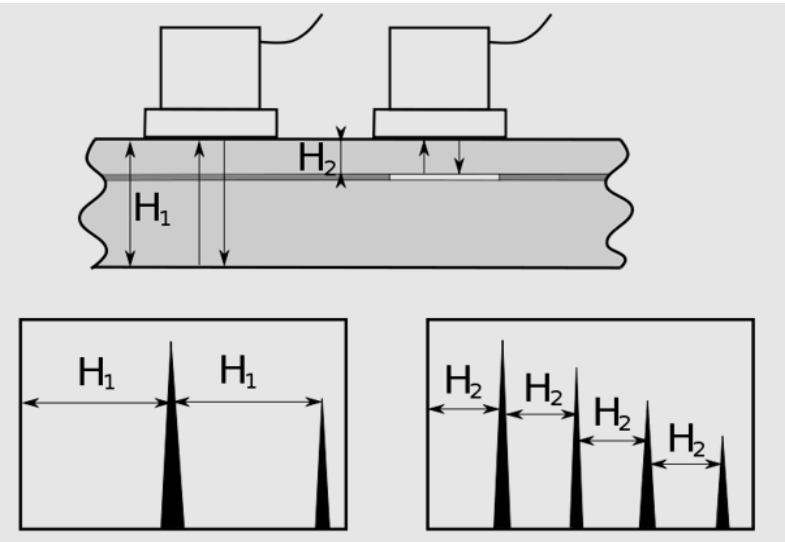


Рис. 1. Схема контроля эхо-методом

Для повышения разрешающей способности ультразвукового контроля предложено использовать ультразвуковой метод с оптико-акустической генерацией акустических колебаний, реализованный в лазерно-ультразвуковом дефектоскопе и оптико-акустическом преобразователе (ОАП).

Наносекундный импульс лазера с диодной накачкой лазерно-ультразвукового дефектоскопа с помощью оптоволокна направляется на генератор ОАП и поглощается в нем. При этом возбуждается субмикросекундный акустический импульс, который направляется в исследуемый образец. Рассеянные и отраженные волны регистрируются широкополосным пьезоприемником ОАП.

Преимущества ультразвукового метода контроля с оптико-акустической генерацией акустических колебаний заключаются в следующем:

- лазерное возбуждение позволяет генерировать мощные и короткие апериодические УЗ-сигналы, использование которых позволяет проводить измерения с высоким временным разрешением;
- благодаря широкополосности и малой длительности (70–80 нс) термооптически возбуждаемых акустических импульсов, достигается наибольшая точность измерения скорости ультразвука (относительная погрешность не более 1%, повторяемость 1 – 2 м/с) [5].

Целью настоящих исследований является оценка применимости ультразвуковых методов для контроля качества РПП, в частности контроля общей толщины РПП.

Средства проведения эксперимента

На рисунке 2 представлены средства ультразвукового контроля с пьезоэлектрической генерацией акустических колебаний: ультразвуковой дефектоскоп Olympus OmniScan MX2 и пьезоэлектрического преобразователя с частотой 15 МГц.

а б

Рис. 2. Средства ультразвукового контроля с пьезоэлектрической генерацией акустических колебаний: а) ультразвуковой дефектоскоп Olympus OmniScan MX2; б) пьезоэлектрический преобразователь

На рисунке 3 представлены средства ультразвукового контроля с оптико-акустической генерацией акустических колебаний: лазерно-ультразвуковой дефектоскоп УДЛ-2М и оптоакустический преобразователь. Оптико-акустический преобразователь был специально разработан Учреждением науки ИКЦ СЭКТ для неразрушающего контроля тонких покрытий с малой скоростью распространения ультразвуковых волн (до 1000 м/с) и высокой степенью затухания ультразвуковых колебаний.

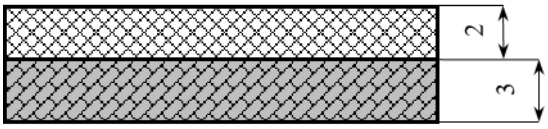
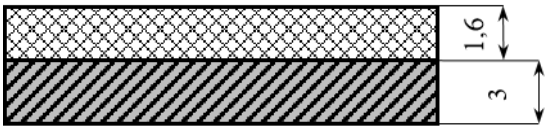
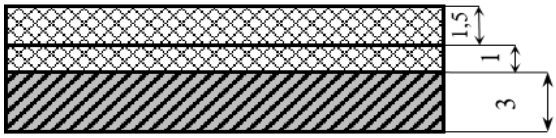
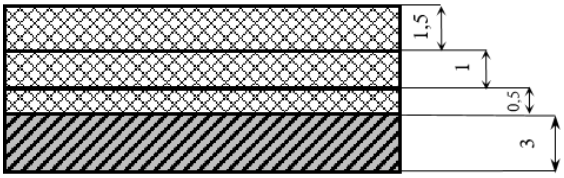
а б

Рис. 3. Комплект средств ультразвукового контроля с оптико-акустической генерацией колебаний: а) лазерно-ультразвуковой дефектоскоп УДЛ-2М; б) оптико-акустический преобразователь

Апробация выбранных методов контроля проводилась на экспериментальных образцах размером 100 × 100 мм в соответствии с таблицей 1.

Таблица 1

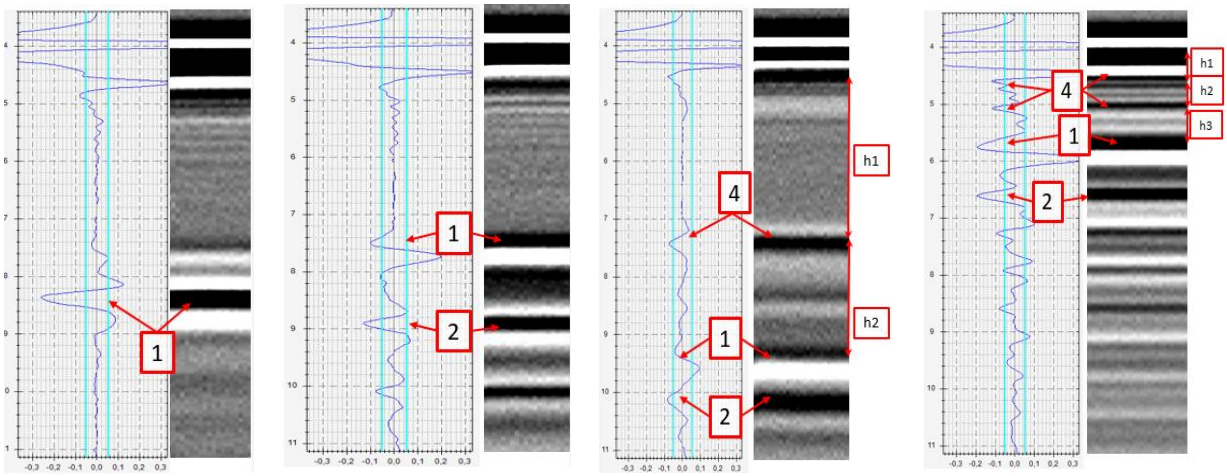
Перечень экспериментальных образцов

№	Тип образца	Кол-во слоев	Схема образца
1	однослойный РПП на подложке из полимера	1	
2	однослойный РПП на металлической подложке	1	
3	двуслойный РПП на металлической подложке	2	
4	трехслойный РПП на металлической подложке	3	

Результаты эксперимента

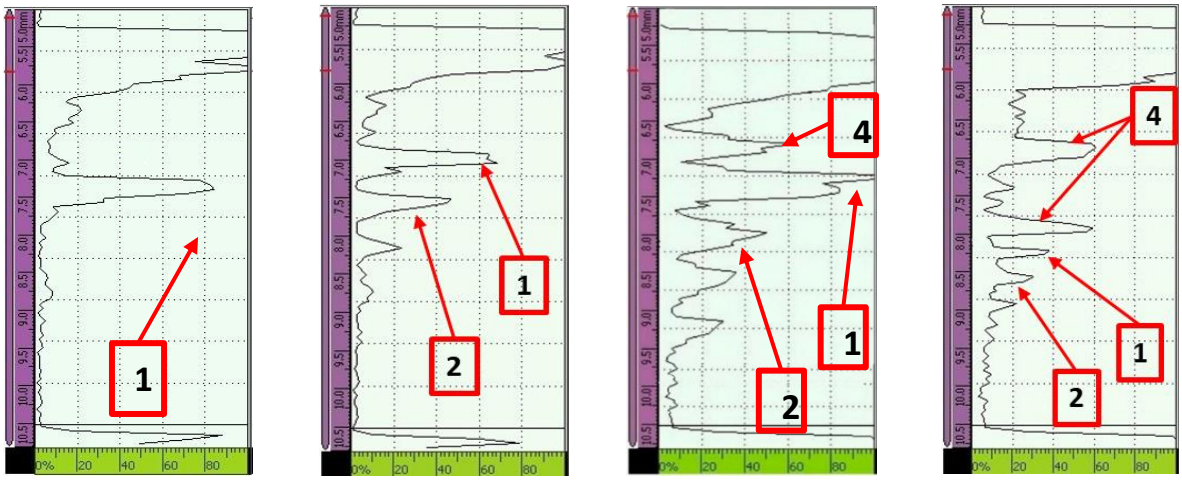
С помощью выбранных средств контроля на экспериментальных образцах были получены акустические портреты (А- и В-сканы). На рисунке 4 приведены результаты контроля, полученные с помощью комплекта средств ультразвукового контроля с оптико-акустической генерацией акустических колебаний. На рисунке 5 приведены результаты контроля, полученные с помощью комплекта средств ультразвукового контроля с пьезоэлектрической генерацией акустических колебаний.

По времени прихода эхо-сигнала от границы раздела между РПП и подложкой и между слоями РПП с использованием знания о значении скорости распространения ультразвуковых колебаний в материале РПП были измерены толщины РПП экспериментальных образцов. Результаты измерений, а также относительная погрешность измерений приведены в таблице 2.



а б в г

Рис. 4. Результаты контроля, полученные с помощью комплекта средств ультразвукового контроля с оптико-акустической генерацией акустических колебаний:
1 – эхо-сигнал от границы раздела между РПП и подложкой; 2 – донный сигнал от подложки; 4 – эхо-сигнал от границы раздела между слоями многослойного РПП



а б в г

Рис. 5. Результаты контроля, полученные с помощью комплекта средств ультразвукового контроля с пьезоэлектрической генерацией акустических колебаний:
1 – эхо-сигнал от границы раздела между РПП и подложкой; 2 – донный сигнал от подложки; 4 – эхо-сигнал от границы раздела между слоями многослойного РПП

Таблица 2

Результаты измерений толщины РПП экспериментальных образцов

№ образца	Фактическая толщина РПП	Результаты измерений с помощью ПЭП		Результаты измерений с помощью ОАП	
		Толщина РПП	Относительная погрешность	Толщина РПП	Относительная погрешность
	мм	мм	%	мм	%
1	2,000	2,020	1,00	2,003	0,15
2	2,000	1,980	1,00	2,033	1,65
3	2,000	1,940	3,00	2,042	2,10
4	1,600	1,580	1,25	1,603	0,19
5	1,600	1,620	1,25	1,613	0,81
6	1,600	1,700	6,25	1,644	2,75
7	2,500	2,350	6,00	2,491	0,36
8	3,000	2,980	0,66	2,980	0,66

Обсуждение результатов эксперимента

На акустических портретах (А- и В-сканах), полученных с помощью двух комплектов средств ультразвукового контроля различимы следующие типы сигналов:

1 – эхо-сигнал от границы раздела покрытие-подложка. Наблюдается на всех экспериментальных образцах.

2 – эхо-сигнал от донной поверхности подложки (донный сигнал). Наблюдается только на экспериментальных образцах на металлической подложке. На экспериментальных образцах РПП на подложке из полимера донный сигнал отсутствует в силу высокого затухания акустических колебаний.

Исходя из результатов измерений толщин РПП экспериментальных образцов можно заметить, что толщина покрытий, измеренная с помощью оптико-акустического преобразователя, имеет меньшее отклонение от фактического значения величины, чем толщина покрытий, измеренная с помощью пьезоэлектрического преобразователя. Поэтому для задач толщинометрии эффективнее использовать ультразвуковой метод с оптико-акустической генерацией акустических колебаний.

Для контроля качества РПП предложено использовать ультразвуковой эхо-метод. При проведении экспериментальных исследований установлено, что выбранные методы обеспечивают измерение толщины РПП. При этом информативным параметром служит время прихода эхо-сигналов от границы раздела между РПП и подложкой. Высокая разрешающая способность ультразвукового метода с оптико-акустической генерацией акустических колебаний позволяет также оценивать толщину отдельных слоев РПП. Для правильной интерпретации результатов ультразвукового контроля необходимо иметь априорную информацию о скорости распространения ультразвуковых колебаний в материале РПП.

Список использованных источников

1. Манин В.А. Совершенствование радиоволновых способов обнаружения дефектов в радиопоглощающих покрытиях на основе математического моделирования // Известия вузов. Поволжский регион. Технические науки. 2016. №. 4(40). С.123–135.
2. Краев И.Д., Образцова Е.П., Юрков Г.Ю. Влияние морфологии магнитного наполнителя на радиопоглощающие характеристики композиционных материалов // Авиационные материалы и технологии. 2014. №. S2. С. 10–14.
3. Воронин И.В., Горбатов С.А., Науменко В.Ю., Петрунин В.Ф. Многослойные радиопоглощающие нанокомпозиционные материалы и покрытия //Физика и химия обработки материалов. 2007. №. 4. С. 5–10.
4. Каблов Е.Н. Материалы и химические технологии для авиационной техники // Вестник Российской академии наук. 2012. Т. 82. №. 6. С. 520–530.
5. Быченок В.А., Кинжагулов И.Ю., Беркутов И.В., Марусин М.П., Алифанова И.Е. Применение лазерно-ультразвукового генератора для определения напряженно-деформированного состояния специальных материалов и изделий // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики [Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics]. 2013. №. 4(86). С. 107–114.

УДК 004.75

РАСПРЕДЕЛЁННОЕ ХРАНИЛИЩЕ ДАННЫХ СЕМАНТИЧЕСКОЙ СЕТИ

Щербаков В.А.*[1] *(студент)

***Научный руководитель – старший преподаватель Цопа Е.А.*[1]**

[1]*Университет ИТМО*

e-mail: victor.scherbackov@cs.ifmo.ru

В работе представлен промежуточный итог реализации проекта распределённого хранилища данных семантической сети. В ходе сравнительного анализа были рассмотрены подходы к организации распределённых систем и выбран алгоритм, наиболее подходящий для реализации таковой в контексте семантической сети. Была изучена структура хранения данных в графовых БД. В итоге была разработана архитектура распределённого хранилища данных семантической сети, удовлетворяющая требованиям, предъявляемым предметной областью.

Ключевые слова
Распределённые системы, семантические сети, графы, MVCC транзакции, СУБД.

В современном мире объём данных, которыми требуется оперировать в информационных системах, в том числе, и на базе семантических сетей, всё чаще достигает огромных масштабов, причём по мере эксплуатации системы этот объём, как правило, непрерывно возрастает. Обрабатывать такое количество данных на одном сервере оказывается либо слишком медленно, либо это не представляется возможным вовсе ввиду невозможности вместить весь объём данных в рамках одной серверной платформы. Очевидным решением этой проблемы является использование тех или иных вариантов распределённых решений. Выбор подходов и архитектура таких решений в очень существенной степени зависит от структурной организации и концептуальной модели построения распределяемой системы. Применительно к семантической сети решение задачи построения распределённой системы можно свести к решению трёх подзадач:

1. Выбор общего подхода к построению распределённой системы.
2. Определение подходящей структуры данных для хранения семантической сети.
3. Обеспечение целостности данных при выполнении запросов посредством распределённых транзакций.

Подходы к построению распределённых систем

В общем виде семантическую сеть можно представить как систему управления базами данных (СУБД), построенную на принципах графового хранилища. Исходя из этого, в ходе исследования были в первую очередь рассмотрены подходы к репликации данных, применяемые в других СУБД.

Наиболее распространённым решением проблемы репликации данных применительно к СУБД являются алгоритмы консенсуса. Алгоритмы консенсуса обеспечивают применение изменений в распределённой системе только после получения подтверждения от большинства узлов системы.

Для упрощения процесса чаще всего рассматривается задача репликации конечных автоматов: с помощью алгоритма консенсуса определяется следующий переход в рамках заранее определённого конечного автомата. В таком варианте отдельное действие может быть описано произвольно, а также при таком использовании возможно гарантировать единственность последовательности производимых действий. Среди алгоритмов консенсуса можно выделить 2 наиболее используемых: алгоритм Paxos и Raft.

Алгоритм Paxos [1] был предложен Лесли Лэмпортом в 1989 году и долгое время являлся наиболее популярным алгоритмом консенсуса. В базовом варианте алгоритма предполагается принятие решения об одном изменении, чего недостаточно для продолжительно работающей системы, поэтому алгоритм получил множество вариаций и часто отмечается, что он и его вариации достаточно сложны для понимания.

Алгоритм Raft [2] был создан в университете Стэнфорда в 2014 году как более простая и понятная при изучении альтернатива алгоритму Paxos. Примерно с 2015 года пользуется популярностью при построении распределённых систем ввиду эффективности и простоты.

В результате составления критериев и сравнения алгоритмов с их использованием, был выбран алгоритм Raft. Среди преимуществ были выделены:

- простота, – Raft имеет меньшее кол-во возможных состояний узлов (3 вместо как минимум пяти у Paxos);
- скорость, – ввиду меньшего кол-ва состояний Raft требует меньшего числа сообщений для совершения действий;
- законченность, – базовый алгоритм Raft подходит для организации системы, работающей продолжительное время;
- распространённость, – Raft используется в таких проектах как Kubernetes, MongoDB, RabbitMQ, Neo4j и др.

Структура данных для хранения семантической сети

Не всякая СУБД может быть эффективно использована для хранения данных семантической сети. Так как семантическая сеть — это, де-факто, ориентированный граф [3], то для решения этой задачи в первую очередь были рассмотрены современные графовые СУБД, как наиболее близко соответствующие реальной структуре сети.

В качестве примера графового хранилища была выбрана СУБД Neo4j как одно из наиболее распространённых сегодня решений для построения высоконагруженных систем большого масштаба. Наибольший интерес в ходе исследования представляла структура хранения данных графа.

Neo4j не использует индексы для организации графа поиска, а использует подход со связанными списками, которые встроены в хранимые структуры данных [4]. Таким образом, не требуется выделение отдельного участка памяти для хранения связей.

Причём сами узлы также представляются элементами односвязного списка, чтобы обеспечить возможность итерации по всему подмножеству узлов графа. Рёбра графа при этом образуют двусвязные списки. Также можно отметить, что структуры узлов и рёбер Neo4j образуют некоторое подобие индексов.

Такой подход оправдан в случае произвольного графа, в случае же семантической сети, набор типов связей задан заранее, поэтому использование индексов является возможной альтернативой.

На данном этапе проекта было принято решение использовать модель Neo4j. В будущих работах планируется также исследовать и сравнить другие способы организации структуры графа.

Организация транзакций

При реализации распределённой обработки данных в СУБД необходимым условием является обеспечение целостности данных, в частности гарантия продолжения существования и неизменность данных в рамках активного запроса вне зависимости от числа узлов, задействованных в ходе обработки этого запроса. Одним из возможных решений этой проблемы являются MVCC транзакции, которые позволяют получать доступ ко множеству версий одного и того же набора данных.

В качестве распространённого примера реализации MVCC транзакций была выбрана СУБД PostgreSQL. Каждая транзакция в PostgreSQL имеет свой уникальный последовательный идентификатор, с помощью которого определяется порядок выполнения изменений в данных [5].

Механизм, реализующий транзакции в PostgreSQL, использует пары идентификаторов транзакций: xmin и xmax. Видимость строки определяется тем, находится ли идентификатор применённой транзакции (xid) в интервале $xmin \leq xid \leq xmax$, где $xmin$ и $xmax$ берутся из

метаинформации строки. Строки, невидимые ни одной из текущих транзакций удаляются специальным процессом – Vacuum.

Таким образом, на данном этапе проекта было принято решение реализовать механизм транзакций таким же образом.

Архитектура предложенного решения

В результате проведённого исследования были выбраны подходы, позволяющие решить ключевые проблемы, возникающие при построении распределённого хранилища. На следующем этапе была спроектирована архитектура программного продукта, реализующего эти подходы применительно к семантической сети. Был рассмотрен вариант реализации хранилища на кодовой базе какого-либо из рассмотренных решений, но здесь необходимо было учитывать, что семантическая сеть – это не совсем “обычная” графовая СУБД, и при работе с ней присутствует ряд дополнительных требований и нюансов.

Во-первых, существующие проекты словарей/тезаурусов не имеют общего формата данных, из-за чего для их использования необходимо сконвертировать их в необходимый формат данных.

Во-вторых, в прямых аналогах (например, в словарях и тезаурусах) невозможна или труднореализуема изменяемость данных во время работы.

Также следует отметить, что графовая СУБД “общего назначения” не подходит как замена семантической сети, так как семантическая сеть содержит экземпляры понятий, которые находятся вне общего графа (то есть, де-факто, вне структуры данных графового хранилища).

Вследствие этого было принято решение о создании собственного решения, использующего рассмотренные подходы, но не базирующихся на “готовых” библиотеках и графовых СУБД. Для разрабатываемого решения были определены следующие ключевые требования, предъявляемые к нему:

1. Модуль, реализующий доступ к хранилищу, должен реализовывать обобщённый интерфейс, чтобы имелась возможность лёгкой замены механизма хранения (например, только в RAM, в локальном файле или в виде распределённого хранилища).
2. В таком случае на стороне C++-кода необходимо использовать виртуальные функции вместо шаблонов, но это обоснованно, так как операции доступа к диску занимают гораздо больше времени, чем издержки на дополнительное разыменовывание указателя при вызове реализации метода.

Такой подход, помимо реализации основных требований к распределённому хранилищу, позволяет добиться ряда дополнительных преимуществ:

1. Он позволяет в случае необходимости реализовывать дополнительные абстракции с помощью шаблона проектирования "Proxy".
2. Он позволяет повысить вычислительную эффективность хранилища, добавив возможность простого кеширования. Причём эта возможность реализуется достаточно просто – путём создания класса-обёртки над классом, реализующим логику хранения.

После выбора основного подхода к реализации распределённого хранилища, были дополнительно проанализированы менее значимые требования к нему и предложены архитектурные решения, позволяющие повысить эффективность использования разрабатываемого программного продукта.

Для упрощения реализации интерфейса доступа к хранимым данным было предложено реализовать простой планировщик выполнения запросов. В наиболее простом варианте такой планировщик может быть реализован с помощью паттерна проектирования "Chain of Responsibility". Использование этого паттерна позволяет избежать зависимости компонентов между собой.

В ходе проектирования интерпретатора запросов было принято решение реализовать процесс выполнения запроса в виде последовательной обработки результатов выполнения дерева операторов. Среди операторов на этом этапе были выделены наиболее простые типы:

– Sequential Scan – итерация по массиву данных, с выбором результатов в соответствии с заданным условием;

– Index Scan – выбор результатов с использованием преимуществ индексов различных типов;
– BFS Scan – выбор результатов, используя поиск в ширину;
– DFS Scan – выбор результатов, используя поиск в глубину.

Такой подход также оставляет возможность добавления более сложных операторов в будущем, а также возможность реализации более продвинутого оптимизатора запросов.

Реализованный по таким принципам планировщик выполнения запросов будет использоваться в процессе работы парсера запросов, осуществляющем формирование набора действий, необходимых для получения запрошенных результатов.

На следующем этапе проектирования архитектуры был осуществлён выбор подхода к реализации распределённых транзакций. Было принято решение реализовать MVCC-транзакции на основании подхода, используемого в PostgreSQL, несмотря на наличие в нём ряда проблем – например, необходимости наличия процесса-сборщика мусора (vacuum).

Задача оптимизации операции удаления записей на данном этапе исследования не являлась приоритетной и будет рассмотрена на следующих этапах проектирования системы.

Результатом исследования стала спроектированная архитектура распределённого хранилища данных, предназначенного для хранения элементов семантической сети. Обобщённая блок-схема предложенной архитектуры показана на рисунке.

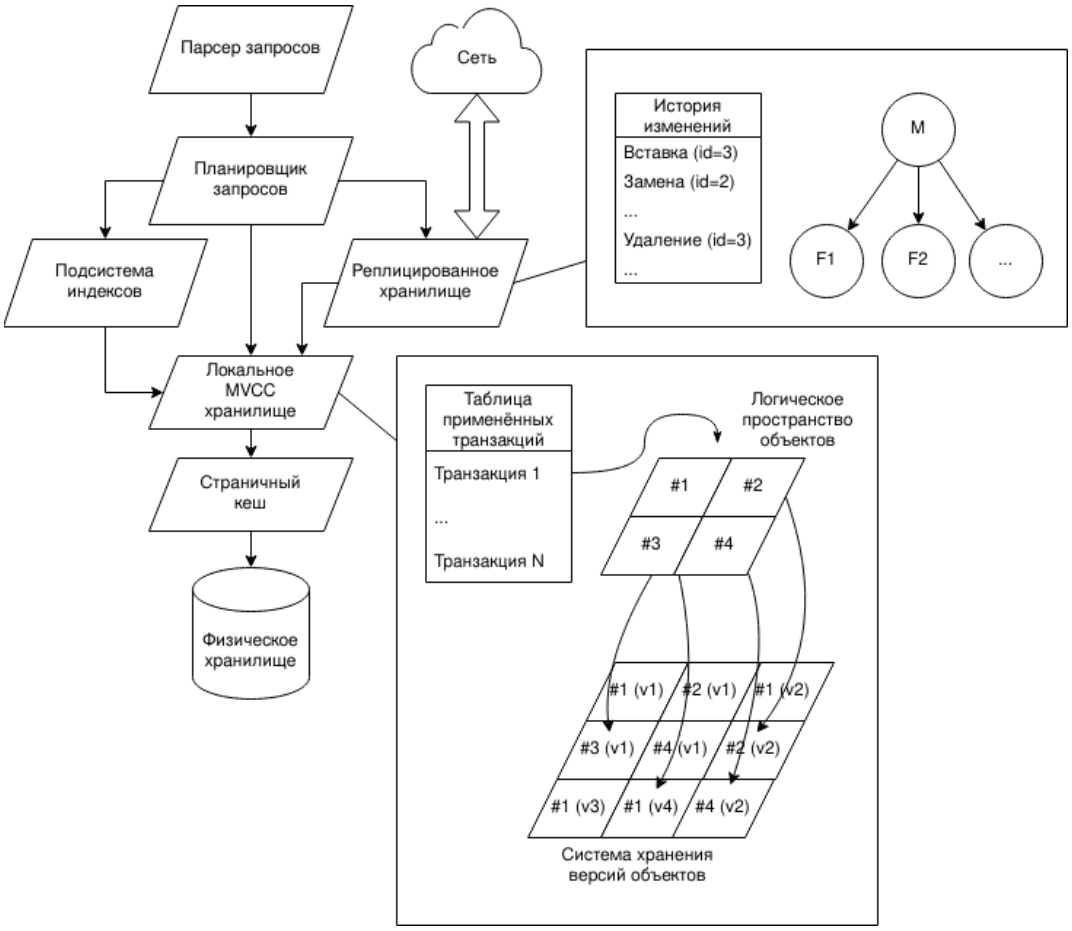


Рисунок. Обобщённая блок-схема предложенной архитектуры

На следующих этапах исследования планируется доработать предложенную архитектуру с учётом дополнительных требований к оптимизации запросов и различных этапов жизненного цикла данных в ней, после чего итоговый вариант архитектуры будет реализован в коде.

В рамках первого этапа исследования были рассмотрены основные концепции, используемые при разработке распределённых систем хранения данных и исследовано применение этих концепций в архитектуре существующих программных систем. В результате

проведённого анализа был сделан вывод о неприменимости готовых наработок для построения распределённого хранилища данных семантической сети, следствием чего стала необходимость разработки собственного решения.

На втором этапе исследования была разработана архитектура распределённого хранилища данных семантической сети, удовлетворяющая требованиям, предъявляемым предметной областью. В рамках предложенной архитектуры был переработан, дополнен и повторно использован ряд концепций, реализованных в существующих реляционных и графовых СУБД.

На следующих этапах исследования планируется доработать предложенную архитектуру и реализовать её требования в коде.

Список использованных источников

1. Lamport L. Paxos made simple // ACM SIGACT News (Distributed Computing Column) 32, 4 (Whole Number 121, December 2001). 2001. С. 51–58.
2. Ongaro D., Ousterhout J. In search of an understandable consensus algorithm // 2014 USENIX Annual Technical Conference (Usenix ATC 14). 2014. С. 305–319.
3. Клименков С.В., Николаев В.В., Харитонова А.Е., Гаврилов А.В., Письмак А.Е., Покид А.В. Применение семантической сети для хранения слабоструктурированных данных // Инженерный вестник Дона [электронный журнал]. 2020. №. 2(62). С. 27.
4. Neo4j Performance Architecture Explained & 6 Tuning Tips. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.graphable.ai/blog/neo4j-performance/ (дата обращения: 21.01.2023).
5. How Postgres Makes Transactions Atomic — brandur.org. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://brandur.org/postgres-atomicity (дата обращения: 21.01.2023).

Фотоника и прикладная оптика

УДК 21474

ХАРАКТЕРИЗАЦИЯ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЛОЕВ ЗАЩИТНОГО ПОКРЫТИЯ ВЫСОКООТРАЖАЮЩИХ ЗЕРКАЛ СИСТЕМЫ СБОРА ИЗЛУЧЕНИЯ ДИАГНОСТИКИ ТОМСОНОВСКОГО РАССЕЯНИЯ ИТЭР

***Григорьева О.А.*[1] *(студент),* *Терещенко И.Б.*[2]*, Самсонов Д.С.*[2]**

***Научный руководитель – кандидат технических наук, старший научный сотрудник Митрофанов С.С.*[1]**

[1]*Университет ИТМО*
[2]*ФТИ им. А.Ф. Иоффе*

e-mail: Spiritup@mail.ru

В данной работе проведена характеризация одиночных слоев Si_3N_4 и SiO_2 с целью определения наличия объемных неоднородностей. Изменение температуры подложки с 25°C до 80°C оказало положительное влияние на показатель преломления в сторону его увеличения с 1.94 до 1.97 на длине волны 600 нм. Проведена оценка стабильности линии азота по записанному масс-спектру.

Ключевые слова
Объемные неоднородности, тонкие пленки, эллипсометрия, спектрофотометрия, оптические характеристики.

Собирающие системы оптических диагностик ИТЭР должны обеспечить долговременную оптическую стабильность в условиях значительных эксплуатационных, радиационных, тепловых и прочих нагрузок. Такие системы содержат значительное количество зеркал и небольшое уменьшение отражения одного из зеркал приведет к значительному ухудшению передачи излучения всей оптической системы. Поэтому к каждому зеркалу предъявляются высокие оптические и механические требования [1].

Оптическая система сбора излучения ТР в диверторе ИТЭР состоит из пяти крупногабаритных зеркал с высокоотражающим оптическим покрытием, состоящим из отражающего металлического слоя Ag, тонкого адгезионного слоя NiV и защитного покрытия из пяти чередующихся диэлектрических слоев Si_3N_4/SiO_2. Защитное покрытие необходимо из-за высокой реакционной способности Ag с ионами H^+ и OH^- [2, 3], поэтому оно должно обладать стабильными оптическими характеристиками.

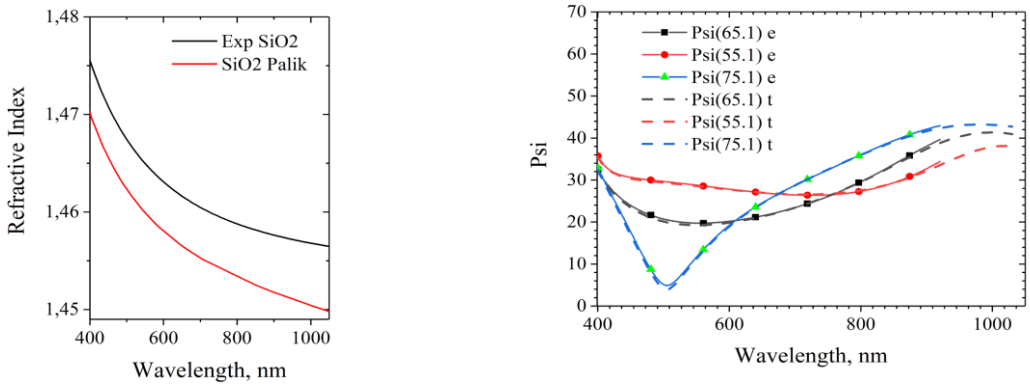
Для анализа диэлектрических пленок предлагается разделить их на три группы: полностью однородные модели, модели с поверхностной неоднородностью и модели с поверхностной и объемной неоднородностями [4]. На наличие неоднородностей влияют такие параметры, как: изменение рабочего давление в процессе напыления, изменение парциального давления газов, воды и температура подложки. Определить наличие объемных и поверхностных неоднородностей позволяет метод эллипсометрии и спектрофотометрии. На основе построения модели структуры пленки и данным эллипсометрии пленки получают ее средний показатель преломления и степень неоднородности [5, 6].

Для характеризации диэлектрических слоев методом реактивного ВЧ магнетронного напыления получены образцы с одиночными слоями Si_3N_4 и SiO_2, толщиной 120 нм. Напыление проводилось в вакуумной камере при остаточном давление $2\cdot10^{-5}$ мбар, рабочем давлении $1.2\cdot10^{-3}$ мбар в среде реактивного газа $N_2 = 35\%$ или $O_2 = 35\%$.

Измерения полученных покрытий проводились на эллипсометре на трех углах 55°, 65° и 75° по методике [6] и спектрофотометре.

Получено, что показатель преломления сформированного слоя SiO_2 выше модельного SiO_2 (Palik) на 0.4% (рис. 1, а), что может быть следствием недоокисления распыленного

кремния. Поскольку расхождение в теоретических и экспериментальных кривых Ψ не выявлено (рис. 1, б), можно предположить, что в пленке отсутствуют объемные неоднородности.



а б

Рис. 1. Зависимость эллипсометрического угла от длины волны и зависимость показателя преломления от длины волны, SiO_2 на Si без предварительного нагрева

Таким же образом были нанесены две пленки Si_3N_4 на подложку из кремния при разных температурах: первая без предварительного нагрева подложки, вторая с предварительным нагревом подложки до 80°C. Толщина напыленного слоя на холодной подложке составляет 148,042 нм и на нагретой подложке 135,527 нм. Во время напыления отражательная мощность менялась от 4 до 5 Вт на холодной подложке и от 3 до 7 Вт на горячей подложке. Температура камеры в начале напыления Si_3N_4 на холодной подложке составляла 30,5°C, в конце 46,25°C. Температура камеры в начале напыления Si_3N_4 на нагретой подложке составляла 63,5°C, в конце 54°C.

Из рисунков 2 видно, что измеренные данные не имеют расхождения с теоретическими данными. Из этого можно сделать вывод о том, что пленки не имеют объемных и поверхностных неоднородностей.

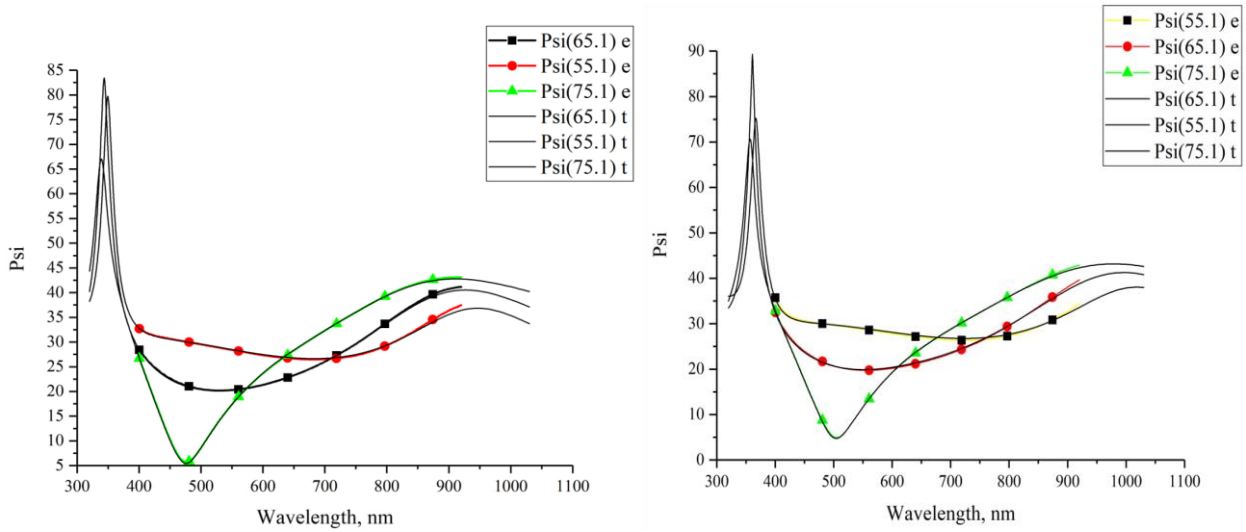


Рис. 2. График зависимости эллипсометрического угла от длины волны, Si_3N_4 на Si на нагретой подложке (толщина слоя 135,527 нм) и на холодной подложке (толщина слоя 148,042 нм)

Расхождение кривых на рисунке 3 может быть связано с тем, что напыленные слои имеют разную толщину. Но в нашем случае толщина напыленного слоя намного меньше, чем в примере Тихомирова. Из-за этого на графике мало экстремумов, что не дает сделать однозначный вывод о наличии объемных неоднородностей и шероховатостей.

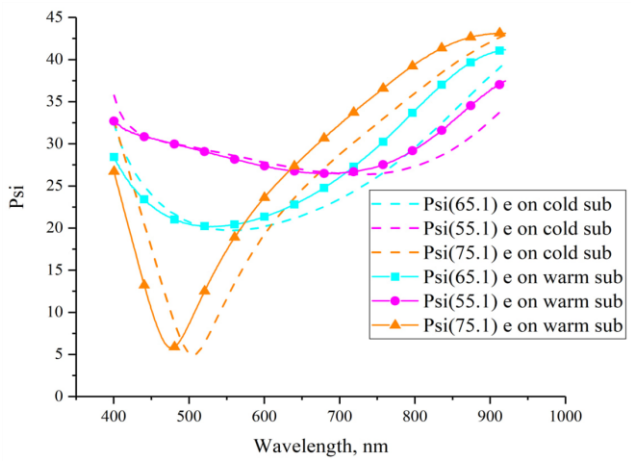


Рис. 3. Сравнение зависимости эллипсометрического угла от длины волны, Si_3N_4 на Si на нагретой подложке (сплошные линии) и на холодной подложке (прерывистая линия)

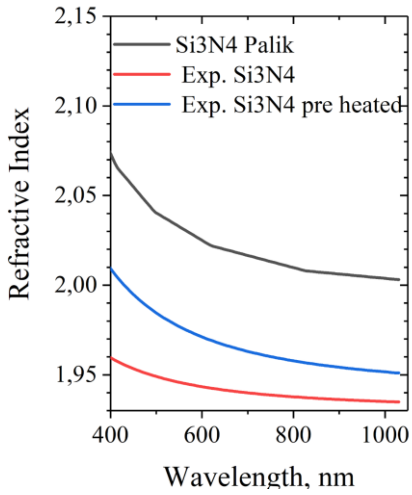


Рис. 4. График зависимости показателя преломления от длины волны, Si_3N_4 на Si

На рисунке 4 представлена зависимость показателя преломления от длины волны, Si_3N_4 на нагретой подложке и на холодной подложке. По графику видно, что показатель преломления слоя на предварительно нагретой подложке ближе к модельному Si_3N_4 Palik, чем слоя без нагрева. Следовательно, пленка, напыленная на подложку с предварительным нагревом получилась более плотная.

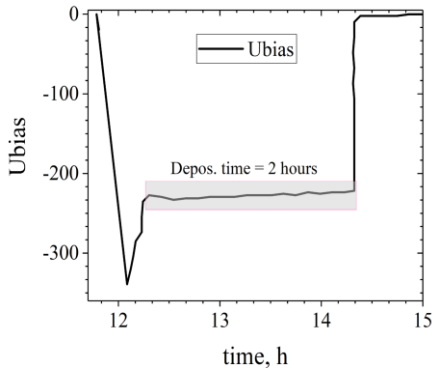


Рис. 5. Ubias при напылении SiO_2 на Si на холодной подложке

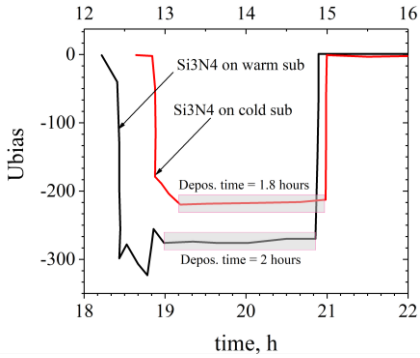


Рис. 6. Сравнение Ubias при напылении Si_3N_4 на кремниевой подложке с предварительным нагревом (чер.) и без (кр.)

На рисунках 5 и 6 приведены данные Ubias. Угловой коэффициент Ubias при напылении SiO_2 составил 5,73, в то время как угловой коэффициент давления -0,001. При напылении Si_3N_4 на холодную подложку угловой коэффициент Ubias составил 3,41, в то время как угловой коэффициент давления -1,85. И при напылении Si_3N_4 на нагретую подложку угловой коэффициент Ubias составил 3,42, в то время как угловой коэффициент давления -1,33.

Данные с масс-спектрометра сняты только при напылении Si_3N_4 с предварительным нагревом подложки, они приведены на рисунке 7. В таблице приведены посчитанные угловые коэффициенты для всех масс с масс-спектра. Из этих данных видно, что в камере присутствует большое количество H_2O. Необходимо отжечь камеру перед напылением при температуре 300 градусов на протяжении нескольких часов и посмотреть динамику изменения парциального давления остаточных газов и воды. Либо поставить криопанель или криогенный насос для замораживания воды. Также по графику масс-спектра видно, что кислород растет независимо от этапа напыления. Также видно, что давление N и N_2 нестабильно. Угловой коэффициент составляет 0,03. Это может быть связано с тем, что в камере присутствуют течи.

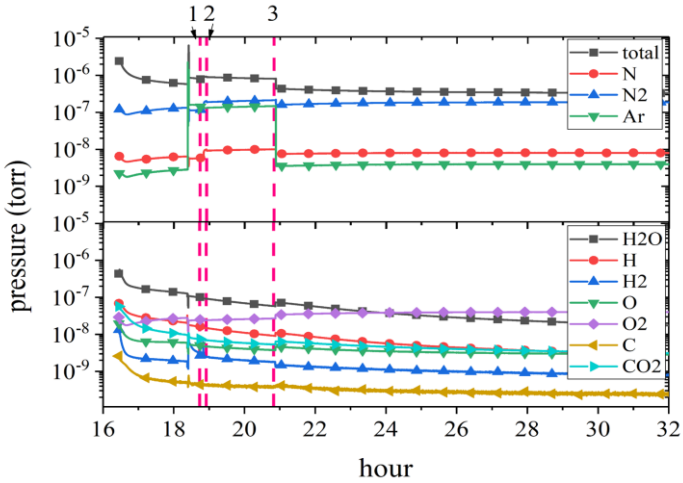


Рис. 7. Масс-спектр при напылении Si_3N_4 с предварительным нагревом подложки: 1 – запуск N, 2 – начало напыления, 3 – конец напыления

Таблица

Угловые коэффициенты масс-спектра при напылении Si_3N_4 с предварительным нагревом подложки

Масса	Total	N	N_2	Ar	H_2O	H	H_2	O	O2	C	CO_2
Угл. коэф.	-0.04	0.02	0.03	0.02	-0.1	-0.11	-0.07	-0.05	0.02	-0.02	-0.06

По рисунку 8 видно, что напыление Si_3N_4 на БФ-33 на теплую подложку сильно модифицирует слой. По графикам со спектрофотометра можно сделать вывод, что присутствует объемная неоднородность. Коэффициент пропускания падает почти на 5%. Возможно, это связано с тем, что подложка имеет пропускание ниже, чем задавали теоретически.

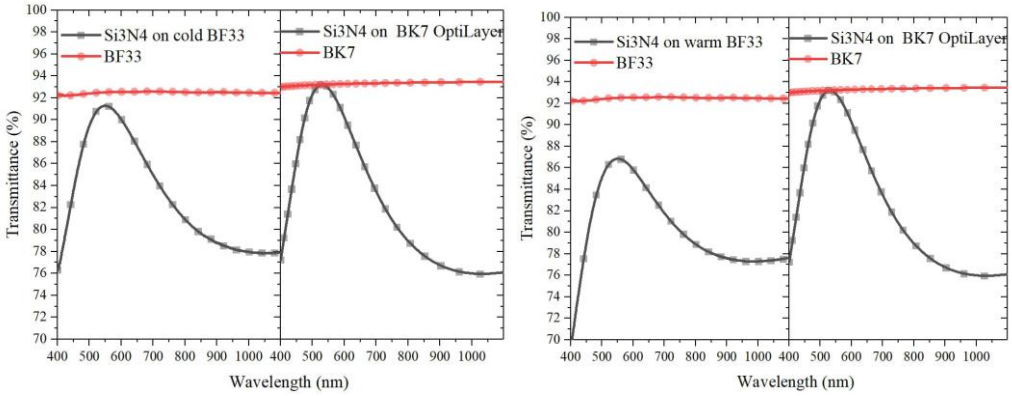


Рис. 8. Сравнение экспериментальных кривых Si_3N_4 на БФ-33 без и с предварительным нагревом соответственно, с модельными в optilayer

В настоящей работе были получены и проанализированы оптические свойства напыленных с помощью магнетронного распыления пленок Si_3N_4, нанесенных при двух разных температурах подложки и SiO_2, нанесенное на холодную подложку. Пленки, нанесенные на кремниевую подложку, не имели объемных неоднородностей. Зато пленки, нанесенные на стекло БФ-33 имеют большое расхождение с модельными данными. Причина появления объемных неоднородностей в пленках SiO_3 и Si_3N_4 на БФ-33: скорее всего был неправильно посчитан коэффициент пропускания для подложки.

Анализ масс-спектра показал, что в камере присутствует большое количество H_2O. Это сильно влияет на качество процесса напыления. Также во время всего тех. процесса растет O_2. Кислород растет независимо от этапа напыления. Чтобы решить эту проблему, предлагается попробовать отжигать камеру перед напылением при температуре 300 градусов на протяжении

нескольких часов, далее дать камере остыть и начать напыление. Или установить криогенные насос, который заморозит всю воду перед напылением. Также понятно, что объем газов в камере нестабилен, нужно устанавливать дополнительные системы, которые будут контролировать объем. Это может быть связано с тем, что в камере присутствуют течи.

Таким образом, скорее всего неоднородность появляется не из-за изменений температуры, а из-за наличия в камере посторонних газов.

Список использованных источников

1. Samsonov D., Tereschenko I., Mukhin E., Gubal A., Kapustin Yu., Filimonov V., Babinov N., et al. Large-Scale Collecting Mirrors for ITER Optical Diagnostic // Nuclear Fusion. 2022. Vol. 62. №. 8 (August 1): 086014. DOI:10.1088/1741-4326/ac544d.
2. Folgner K.A. et al. Development and Growth of Corrosion Features on Protected Silver Mirrors during Accelerated Environmental Exposure // Applied Optics. 2020. Vol. 59. №. 5. A187. DOI: 10.1364/AO.375891.
3. Schwinde S. et al. Development of Advanced Silver Coatings for Telescope Mirrors // Advances in Optical and Mechanical Technologies for Telescopes and Instrumentation. 2022. Vol. 67. DOI: 10.1117/12.2627710.
4. Horprathum M., Eiamchai P., Chindaudom P., Nuntawong N., Patthanasettakul V., Limnonthakul P., Limsuwan P. Characterization of Inhomogeneity in TiO_2 Thin Films Prepared by Pulsed Dc Reactive Magnetron Sputtering // Thin Solid Films. 2011. 520. Vol. 1. Pp. 272–79.
5. Amotchkina T., Trubetskov M., Tikhonravov A., Angelov I.B., Pervak V. Reliable Optical Characterization of E-Beam Evaporated TiO_2 Films Deposited at Different Substrate Temperatures. // Applied Optics 53. 2014. Vol. 4. A8. DOI: 10.1364/AO.53.0000A8.
6. Tikhonravov A.V., Trubetskova M.K., Clarkeb G., Sullivan T. Ellipsometric Study of Optical Properties and Small Inhomogeneities of Nb_20_5 Films. 1999. T. 3738. Pp. 183–187.

УДК 535.21

РАЗРАБОТКА НОВЫХ ПОДХОДОВ К СИНТЕЗУ И МЕТОДОВ ПАССИВАЦИИ ГАЛОГЕНИДНОГО ПЕРОВСКИТА ДЛЯ СОЗДАНИЯ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Иванов В.С.[1] *(аспирант)*

Научные руководители – кандидат физико-математических наук, научный сотрудник Гец Д.С.[1]***, PhD , технические науки, научный сотрудник Сапори Д.***[1]

[1]*Университет ИТМО*

e-mail: vladimir.ivanov@metalab.ifmo.ru

Работа выполнена в рамках темы НИР № 621317 «Фундаментальные и прикладные вопросы фотоники»

В работе предлагается использование органического галогенида в роли пассивирующего материала в устройстве перовскитного солнечного элемента с целью получения высокоэффективных устройств. Введение подобного дополнительного слоя на поверхность перовскита должно привести к увеличению эффективности и стабильности устройства за счет снижения скорости безизлучательной рекомбинации носителей заряда в активной области.

Ключевые слова
Перовскит, солнечный элемент, пассивация, органические галогениды, рекомбинация, дефекты, синтез.

Перовскитный солнечный элемент (СЭ) – устройство, состоящее из ряда тонких слоев, цель которого эффективное преобразование падающего на него солнечного излучения в электрическую энергию. Это новое поколение СЭ, и по своим характеристикам они уже могут конкурировать с кремниевыми [1]. Достижение высоких значений эффективности преобразования энергии требует решения ряда задач, среди которых: выбор транспортных слоев, обработка активной области с целью уменьшения количества дефектов и скорости безизлучательной рекомбинации носителей заряда (пассивация) и т. д. Пассивация активной области может быть проведена, например, за счет добавок в раствор перовскита или введения дополнительного слоя в устройство. Таким образом, можно влиять на качество получаемой пленки (большие размеры зерен, улучшенная кристалличность, большая интенсивность фотолюминесценции и т. д.) [2, 3]. В большинстве работ на эту тему авторы используют либо стандартную n-i-p структуру солнечного элемента, синтез которой требует высокой температуры для формирования TiO_2, либо дорогие органические или полимерные транспортные материалы (PTAA, PCBM и т. д.). В данной работе планируется использование инвертированной p-i-n структуры, в составе которой дырочный транспортный материал будет неорганическим, а электронный – менее дорогой фуллерен C60. Синтез таких солнечных элементов не требует высоких температур, а длительность процесса составляет не более одного дня, что делает данную архитектуру возможным решением для коммерческого масштабирования производства.

Структура устройства, пассивация которого планируется в данной работе, следующая: стеклянная подложка с нанесенной схемой ITO, наночастицы оксида никеля (NiO NPs) как дырочный транспортный материал, классический перовскит $CH_3NH_3PbI_3$ ($MAPbI_3$), электронный транспортный слой – фуллерен C60 и дополнительно BCP, серебро в роли верхнего электрода. Пассивация будет производиться за счет введения дополнительного слоя на поверхности перовскита (рис. 1), в роли пассиватора планируется использование преимущественно органических галогенидов (MAI, FACl, FABr и т. д.).

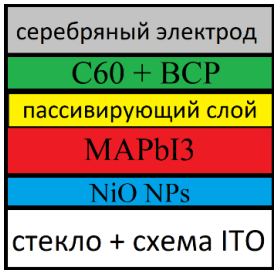


Рис. 1. Схематическое изображение используемой структуры

Первым экспериментальным шагом стало нанесение четырех материалов (MAI, FAI, CsI, PEAI) из бутанольного раствора с концентрацией 5 мг/мл. В результате были получены устройства, эффективность которых упала до 1%, в то время как непасивированные устройства достигли 9%. При детальном изучении параметров солнечных элементов было обнаружено, что падение эффективности связано с крайне низкими значениями плотности тока короткого замыкания (~ 2 мА/см^2 против ~ 20 мА/см^2).

Для дальнейшей работы было принято решение сосредоточиться только на FAI и уменьшать толщину дополнительного слоя путем уменьшения концентрации раствора до 2,5 мг/мл и увеличения скорости центрифугирования.

После проведения второго эксперимента по синтезу были получены пассивированные солнечные элементы, токи и эффективности которых были уже сопоставимы со значениями непасивированных образцов (~ 18 мА/см^2 и ~ 7% соответственно). Результаты измерения вольтамперных характеристик для различных скоростей нанесения представлены в таблице.

Таблица

Основные параметры солнечных элементов для образцов с введенным дополнительным слоем FAI из раствора с концентрацией 2,5 мг/мл

Скорость нанесения пассиватора	Напр. откр. цепи, мВ	Ток к.з., мА/см^2	Фактор заполнения, %	Эффективность, %
Непассивированный образец	924	20,4	47,6	9,0
2000 об. /мин	412	16,8	38,4	2,7
3000 об. /мин	755	20,7	49,8	7,8
4000 об. /мин	665	17,1	36,9	4,2
5000 об. /мин	811	19,1	51,9	8,0

С уменьшением толщины слоя явно наблюдается положительная тенденция для основных параметров СЭ. В связи с этим, для третьего эксперимента концентрация пассиватора была понижена до 1 мг/мл в бутаноле для достижения более тонких пленок. В результате были получены устройства, эффективность которых оказалась выше, чем у контрольного образца. Причиной этому стало явное увеличение плотности токов короткого замыкания (рис. 2). Скорость вращения подложек также варьировалась от 2000 оборотов в минуту до 5000. При детальном рассмотрении вольтамперных характеристик лучших устройств (рис. 3) можно сделать вывод, что уменьшение толщины дополнительного слоя все-еще приводит к более высоким значениям основных параметров солнечного элемента, но разница уже небольшая. Таким образом, концентрацию 1 мг/мл можно считать оптимальной для данного пассиватора, и дальнейшую работу с другими материалами начинать с нее.

Для измерения времен жизни носителей заряда необходимо снятие сигнала фотолюминесценции с временным разрешением (TRPL). Для этого были подготовлены образцы со следующей структурой: стеклянная подложка с нанесенным слоем ITO/$MAPbI_3$/пассивирующий слой. В качестве пассиваторов были выбраны два галогенида – FACl и FABr с полученной ранее оптимальной концентрацией (рис. 4). Скорость нанесения дополнительных слоев была 4000 оборотов в минуту. Из анализа полученных кривых можно получить времена жизни – в случае FACl это значение увеличилось почти на 100 нс по

сравнению с чистым перовскитом. Данный результат означает, что скорость безизлучательной рекомбинации носителей заряда уменьшилась.

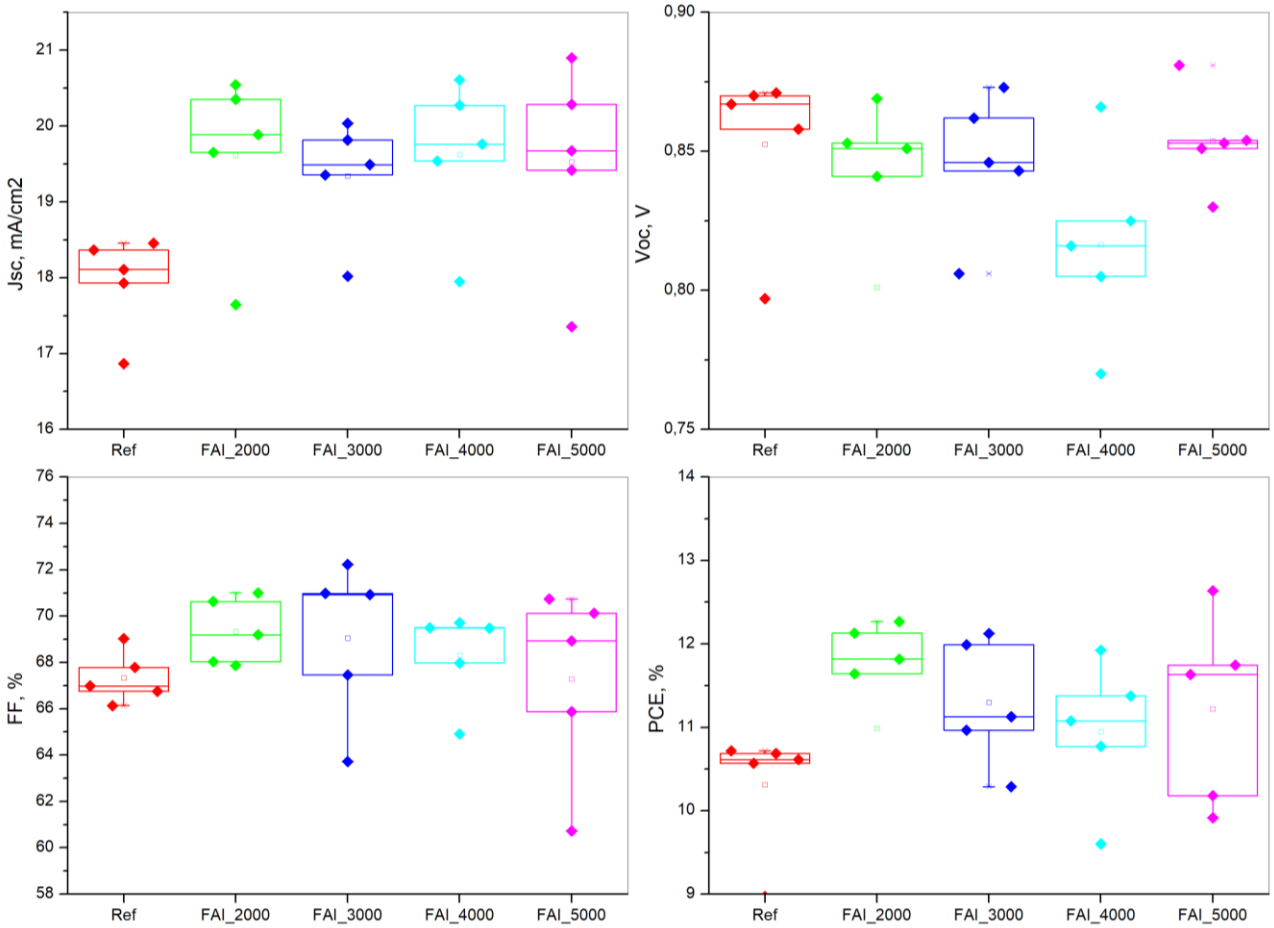


Рис. 2. Статистика данных устройств с введенным дополнительным слоем FAI из раствора с концентрацией 1 мг/мл

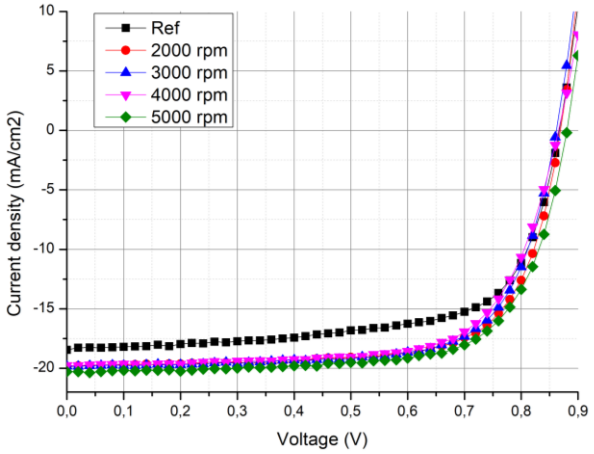


Рис. 3. Вольтамперные зависимости лучших пикселей для разных скоростей нанесения дополнительного слоя

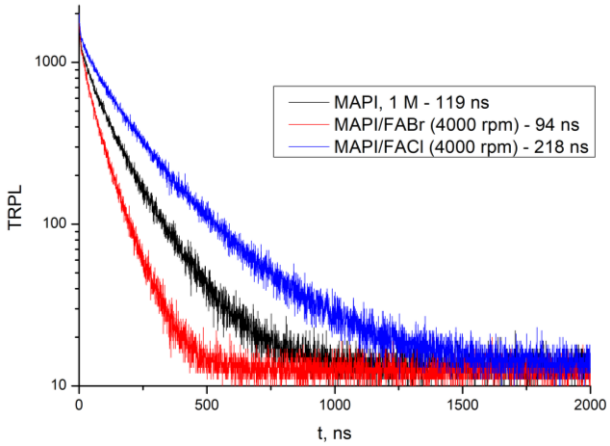


Рис. 4. Сигнал фотолюминесценции с временным разрешением для перовскитных пленок, покрытых дополнительными слоями

В результате ряда экспериментов по синтезу перовскитных солнечных элементов была получена оптимальная концентрация пассивирующего материала в бутаноле, при использовании которой устройства обладали более высокой эффективностью, чем необработанные образцы. Растворы новых материалов – FACl и FABr – такой концентрации были нанесены методом центрифугирования на слой перовскита для снятия сигнала

фотолюминесценции с временным разрешением. Анализ полученных данных показал, что при использовании FACl времена жизни носителей заряда увеличиваются, таким образом, этот материал может быть использован в роли пассивирующего материала в устройстве солнечного элемента. Для дальнейшего изучения будет произведен синтез устройств, содержащих этот материал. Также необходимо изучить еще ряд других материалов, потенциально подходящих на роль пассиватора.

Список использованных источников

1. Min H., Lee D.Y., Kim J., Lim G., Lee K.S., Kim J., Paik M.J., Kim Y.K., Kim K.S., Kim M.G., Shin T.J., Seok S.I. Perovskite solar cells with atomically coherent interlayers on SnO_2 electrodes // Nature. 2021. №. 598. Pp. 444–450.
2. Tavakoli M.M., Saliba M., Yadav P., Holzhey P., Hagfeldt A., Zakeeruddin S.M., Gratzel M. Synergistic Crystal and Interface Engineering for Efficient and Stable Perovskite Photovoltaics // Adv. Energy Matt. 2019. Vol. 9. Iss.1. 1802646 p.
3. Yang S., Chen S., Mosconi E., Fang Y., Xiao X., Wang C., Zhou Y., Yu Z., Zhao J., Gao Y., Angelis F., Huang J. Stabilizing halide perovskite surfaces for solar cell operation with wide-bandgap lead oxysalts // Science. 2019. Vol. 365. Iss.6452. Pp. 473–478.

УДК 535.8

ПРЯМАЯ ЗАДАЧА МОДЕЛИРОВАНИЯ GFF ФИЛЬТРА ДЛЯ ЭРБИЕВОГО УСИЛИТЕЛЯ

Комаров А.В.[1] *(студент)*

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, профессор Мирошниченко Г.П.[1]

[1]*Университет ИТМО*

e-mail: zray.jack@gmail.com

В работе рассмотрен математический метод решения прямой задачи моделирования сглаживающего фильтра на основе коротко периодичной волоконной решетки Брэгга. Данный метод позволяет построить спектр пропускания фильтра с заранее известными характеристиками, что является одним из этапов решения общей задачи синтеза фильтра для сглаживания спектра оптического эрбиевого усилителя.

Ключевые слова
Решетка Брэгга, эрбиевый усилитель, сглаживающий фильтр, моделирование, спектр пропускания.

Для прокладки дальних линий коммуникаций на расстояния свыше 100 км используются оптические усилители, в которых активная зона волокна легирована редкоземельными металлами, в частности эрбием. Оптический усилитель работает на принципах генерации лазерного излучения. Характерный спектр усиления эрбия представлен на рисунке 1. Основная зона усиления приходится на диапазон 1525–1560 нм, в котором может быть умещено несколько десятков каналов передачи данных. Однако спектр имеет неравномерный характер, разница уровней усиления может достигать нескольких дБ.

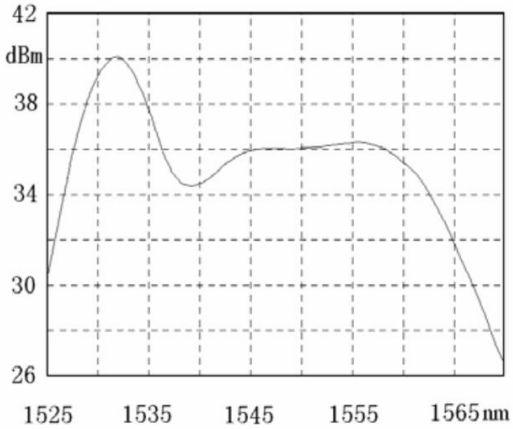


Рис. 1. Характерный спектр усиления эрбиевого усилителя [1]

Для сглаживания спектра необходимо использовать некоторый фильтр, в частности волоконную Брэгговскую решетку, способную обеспечивать передачу энергии между прямой и обратной модой распространяемого сигнала, тем самым ослабляя его на определенных длинах волн.

Прямая задача расчета сглаживающего фильтра на основе решетки Брэгга подразумевает определение спектра пропускания по известной зависимости показателя преломления вещества вдоль сердцевины волокна. Ключевыми параметрами решетки Брэгга являются период решетки $\Lambda(z)$, глубина модуляции показателя преломления $\Delta n(z)$, длина решетки L, количество штрихов N.

Оптическая решетка Брэгга связывает прямую и обратную моду распространяющегося излучения. Уравнения связанных мод имеют следующий вид:

$$\begin{cases} \frac{\partial B(z)}{\partial z} = ik_d B(z) + ik_a A(z) e^{-i(\Delta\beta z - \phi(z))} \\ \frac{\partial A(z)}{\partial z} = -ik_d A(z) - ik_a B(z) e^{i(\Delta\beta z - \phi(z))} \end{cases},$$

где *A(z)* – амплитуда прямой волны,
B(z) – амплитуда обратной волны,
$\Delta\beta = 2\beta - 2\pi/\Lambda$,
$\beta = 2\pi n/\lambda$,
$k_a = \pi\Delta n/\lambda$,
$k_b = 2\pi\overline{\Delta n}/\lambda$,
λ – длина волны,
z – координата,
$\phi(z)$ – чирп.

Первый метод построения спектра фильтра основан на определении матрицы перехода $\hat{T}$, связывающей амплитуды прямой и обратной моды на входе и выходе решетки. Решая задачу Коши для уравнений связанных мод с постоянными коэффициентами, получим:

$$\begin{pmatrix} B(L) \\ A(L) \end{pmatrix} = \hat{\boldsymbol{T}}(L) \begin{pmatrix} B(0) \\ A(0) \end{pmatrix}, \hat{\boldsymbol{T}}(z) = \begin{pmatrix} ik\frac{sh(sz)}{s} + ch(sz) & ik_a\frac{sh(sz)}{s} \\ -ik_a\frac{sh(sz)}{s} & -ik\frac{sh(sz)}{s} + ch(sz) \end{pmatrix},$$

где $\mathrm{k} = \mathrm{k_d} + \frac{\Delta\beta}{2}$, $s = \sqrt{k_a^2 - k^2}$.

Если решетка представляет собой последовательность решеток с постоянными параметрами, то итоговая матрица перехода рассчитывается следующим образом:

$$\hat{\boldsymbol{T}} = \prod_{j=1}^{N} \hat{\boldsymbol{T}}_{N-j+1}.$$

Коэффициент пропускания T определяется следующим образом:

$$T(L) = \left|\frac{1}{\hat{\boldsymbol{T}}_{11}(L)}\right|^2.$$

Уравнения связанных мод возможно разрешить численным методом, например методом Рунге-Кутта:

$$\frac{\partial}{\partial z}\begin{pmatrix} B(z) \\ A(z) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & \Phi(z) \\ \Phi(z)^* & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} B(z) \\ A(z) \end{pmatrix},$$

где $\Phi(z) = ik_a e^{-i(2k_d + \Delta\beta z - \phi(z))}$.

На каждом шаге решения рассчитывается следующая операция:

$$\begin{pmatrix} B_{k+1} \\ A_{k+1} \end{pmatrix} = \hat{\boldsymbol{M}}_k \begin{pmatrix} B_k \\ A_k \end{pmatrix}, \hat{\boldsymbol{M}}_k = \begin{pmatrix} 1 + \frac{\Delta z^2}{2}\Phi_k^*\Phi_{k+1} & \frac{\Delta z}{2}(\Phi_k + \Phi_{k+1}) \\ \frac{\Delta z}{2}(\Phi_k^* + \Phi_{k+1}^*) & 1 + \frac{\Delta z^2}{2}\Phi_k\Phi_{k+1}^* \end{pmatrix}.$$

Итоговая матрица M и коэффициент пропускания T:

$$\hat{\boldsymbol{M}} = \prod_{j=1}^{N} \hat{\boldsymbol{M}}_{N-j+1}, T(L) = \left|\frac{\det(\hat{\boldsymbol{M}})}{\hat{\boldsymbol{M}}_{11}(L)}\right|^2.$$

Ниже сравниваются спектры, полученные разными методами на примере решетки Брэгга со следующими параметрами: Λ = 535 нм, $\Delta\mathrm{n} = 3 * 10^{-3}$, длина решетки L = 5 мм, количество штрихов N = 400.

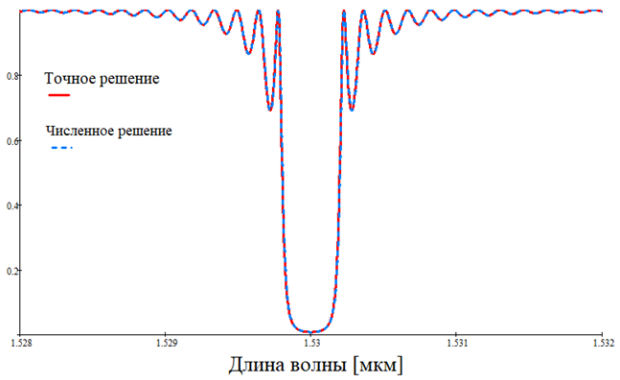


Рис. 2. Сравнение точного и численного методов решения
Шаг численного метода Δz = 25 мкм

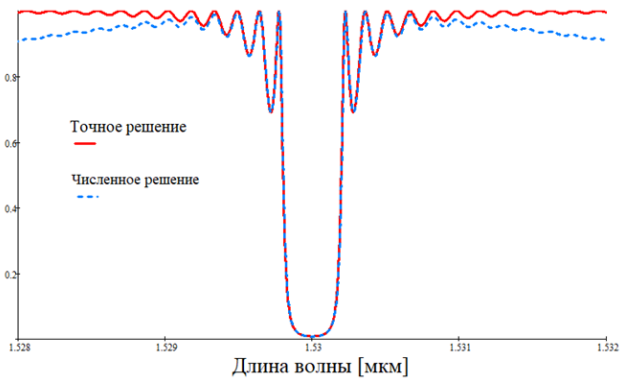


Рис. 3. Сравнение точного и численного методов решения
Шаг численного метода Δz = 100 мкм

Некоторые примеры моделирования представлены на рисунках 4–6.

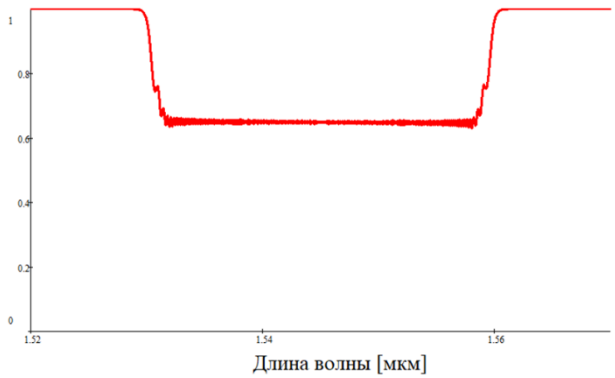


Рис. 4. Спектр фильтра из последовательности решеток с одинаковой глубиной модуляции и линейно меняющейся резонансной длиной волны

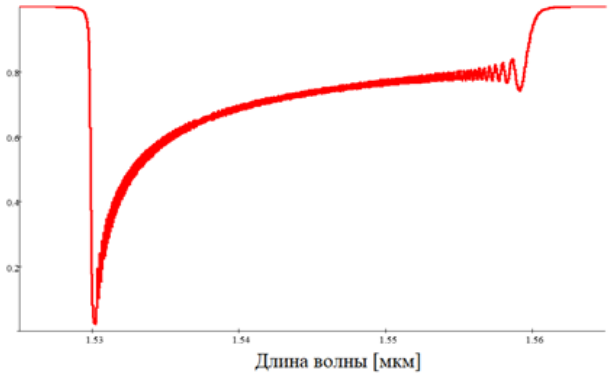


Рис. 5. Спектр фильтра из последовательности решеток с одинаковой глубиной модуляции и квадратично меняющейся резонансной длиной волны

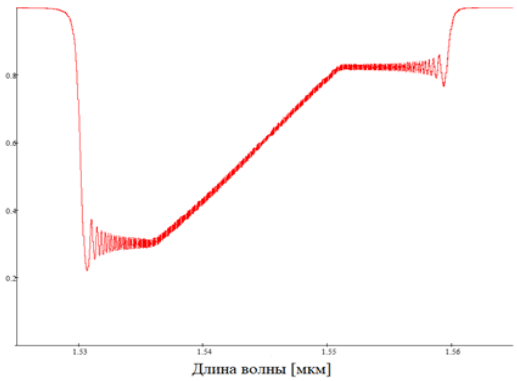


Рис. 6. Спектр фильтра из последовательности решеток с глубиной модуляции, описывающейся кусочно-линейной функцией, и линейно меняющейся резонансной длиной волны

По результатам математического моделирования можно заключить, что оба метода решения прямой задачи работают корректно, полученные спектры совпадают – рисунок 3. Численный метод позволяет рассчитать более сложные фильтры с переменными параметрами решетки, при этом метод чувствителен к шагу разбиения – рисунок 4.

Решение прямой задачи моделирования фильтра является одним из этапов решения общей задачи моделирования. Подобрать параметры решетки, отвечающие требуемому спектру

фильтра, с помощью прямого решения теоретически возможно [1], однако лучше использовать метод обратной задачи [2]. Прямая задача позволяет проверить корректность результатов решения обратной задачи.

Список использованных источников

1. Kaixian L., Juan D. Research of EDFA gain flattening based on chirped fiber Bragg grating // 2nd IEEE International Conference on Broadband Network & Multimedia Technology. 2009. С. 418–421. DOI: 10.1109/ICBNMT.2009.5348511.
2. Zhu T. Layer peeling/adding algorithm and complex waveguide bragg grating for any spectrum generation & fiber-to-waveguide coupler with ultra high coupling efficiency // Digital Repository at the University of Maryland. 2016. 186 p.

УДК 004.852; 681.772.2

ИССЛЕДОВАНИЕ ВХОДНЫХ ДАННЫХ МЗ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА СКОРОСТЬ РАБОТЫ СИСТЕМЫ

***Круглов А.В.*[1] *(аспирант),* *Афанасьев М.Я.*[1]**

***Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент Афанасьев М.Я.*[1]**

[1]*Университет ИТМО*

e-mail: all_remont2000@rambler.ru, amax@niuitmo.ru

В работе рассмотрены два типа архитектур машинного зрения (МЗ) с использованием разных камер одного типа. Приведены результаты экспериментальных данных и анализ архитектур машинного зрения. Целью работы ставится определение оптимальной величины входного окна и разрешение входного изображения для оптимизации данных в системе. В виде побочных задач производится сравнение камер машинного зрения и влияние их на результаты входных данных.

Ключевые слова
Машинное зрение, камера МЗ, свёрточная нейронная сеть, архитектур машинного зрения, YOLO, FOMO, производство печатных плат.

Большинство существующих систем контроля осуществляет поиск дефектов на изготовленных печатных платах (ПП), когда изделие уже прошло несколько уровней обработки. В качестве решения применяется подход, при котором контроль качества выпускаемой продукции производится в момент трассировки ПП, что требует от систем машинного зрения скорости и точности исполнения.

На сегодняшний день для решения задач автоматизации контроля дефектов применяются методы детектирования в режиме онлайн. Среди таких можно условно выделить метод пострпоизводственного детектирования [1] и метод контроля производственного процесса в режиме онлайн [3, 4].

Указанные подходы имеют ряд таких недостатков, как в первом случае, он подходит для посптроизводственного контроля, а во втором случае скорость производимой детали составляет 10 мм/с [3], в то время как максимальная скорость обрабатывания при предлагаемом в нашем случае подходе до 1 м/с, что выводит более высокие требования к скорости обработки информации, поступающей с камер МЗ в блок обработки.

На преимущество, как подхода с контролем производственного процесса в режиме онлайн, так и предложенного подхода, указывает возможность сокращения производственных циклов, что влечёт за собой сокращение времени на производство продукции и сокращение издержек при трассировке ПП. Отличительным преимуществом, по сравнению с существующими способами, является большая скорость и площадь обрабатываемой детали при процессе производства.

На актуальность направления указывает растущий спрос на электронные компоненты (в т. ч. платы), что ведёт к уменьшению габаритов конечных электронных изделий и растущими требованиями по контролю к выпускаемому конечному изделию. Также немаловажным является затраченное время на производство изделия и выявление дефектов на ранней стадии производства.

Детектирование дефектов

В качестве объекта исследования выступали оцифрованные снимки ПП с различными типами дефектов и графические копии ПП. Дефекты были разбиты на четыре типа: пропущенное отверстие, разрыв дорожки, короткое замыкание, повреждение дорожки (missing_hole, open_circuit, short_circuit, track). Фиксация и захват изображения производился

двумя разными CMOS-камерами совместимыми с одноплатным компьютером типа Raspberry Pi model 4 B+. Инструментами служили трёхосный ЧПУ, на базе экспериментальной установки ADAPTEQ (ADAptive Platform of Technological EQuipment) [2] и камер МЗ – intel real sense d435 и Raspberry Pi SHCHV.

Блок машинного зрения с помощью свёрточной нейронной сети (convolutional neural network, CNN) осуществляет взаимодействие между приводами трассируемой печатной платой и контроллером управления ЧПУ, производя контроль качества производимого изделия. Для достижения взаимодействий между блоком контроля и блоком механики, и обеспечения надежной работы конструкции, требуется решить задачи по фиксации и распознаванию входного изображения.

Исследование дефектов (object-detection) в режиме реального времени проводилось с помощью архитектур свёрточной нейронной сети (CNN) – YOLO (You Only Live Once) и FOMO (Faster Objects, More Objects). В качестве вычислительного комплекса применялась платформа машинного обучения для облачных вычислений – Edge Impulse Studio, блоком выступал портативный компьютер Intel(R) Core (TM) i5-6200U CPU с 2.40 GHz и 8 GB оперативной памяти, 1GB встроенная видеопамять.

Модели были обучены с помощью архитектур YOLOv4, при использовании Raspberry Pi 3+ и FOMO MobileNetV2 0.1 и FOMO MobileNetV2 0.35, при использовании одноплатной платы Raspberry Pi 4+.

Конвертирование данных производилось методом TensorFlow.

Тренировочный набор данных классифицировался по величине входного окна и по типу входного изображения. Данные по величине входного окна были представлены выборками на 48x48, 96x96, 160x160, а тип входного изображения – RGB/greyscale. Результаты эксперимента на рисунке 1.

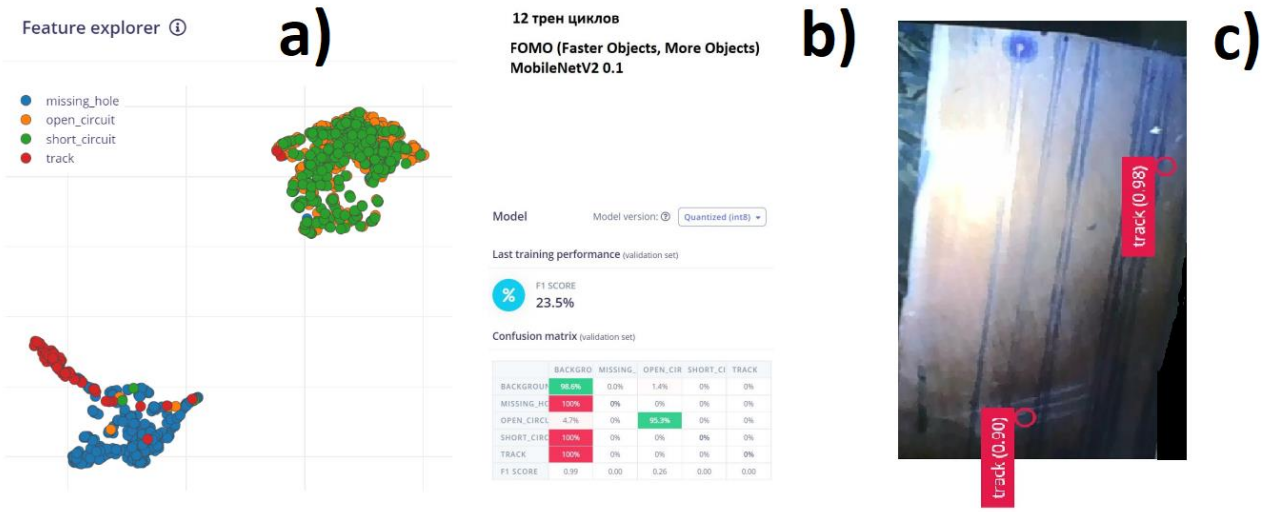


Рисунок 1. Результаты эксперимента: a) классификация четырёх типов дефектов; b) обсчёт RGB изображения; c) Фиксация в режиме реального времени дефектов

Тестовые выборки разбиты на 2 группы: первая – 968 изображений с 4 класса дефектов и вторая – с 244 изображениями, где выделен только один класс дефектов. Выборка для обучения была взята из собственного набора данных (116 фото) и из открытой базы Kaggle с дефектами печатных плат.

Произведено 93 обучения модели.

Тестовые выборки состояли из 4 групп: missing_hole, open_circuit, short_circuit, track

По количеству эпох в тренировке: 60, 80, 100.

Градация входных данных по типу изображения: RGB/greyscale.

Предсказательная точность модели для RGB формате значения входных характеристик показала лучшие результаты для входного окна размером 48x48 соответственно (таблица): размерность 48x48 (60, 80, 100 эпох): 51.4, 52.7, 53.4%; точность для одного класса (track): 60.4, 57.4, 65.3%

Таблица

Предсказательная точность модели для RGB

Размерность 48x48	**Learning rate 0.1 (%)**	**Learning rate 0.01 (%)**	**Learning rate 0.005 (%)**
Epoch 60	51.4	56.2	58.4
Epoch 80	60.6	58.4	59.3
Epoch 100	62.5	62.7	60.4

В результате исследования проведён эксперимент и анализ архитектур машинного зрения, определена оптимальная величина входного окна и разрешение входного изображения, произведено сравнение камер машинного зрения, проведена подготовка обучающих выборок тестовых данных, проведён анализ методов обучения и обучение моделей.

При сравнении fps при использовании Darknet и Edge Impulse Studio, Darknet продемонстрировал малую обнаружительную способность дефектов, что могло быть связано с некорректной тренировкой и пометкой box-ов, при этом при тренировке методом FOMO обнаружительная способность составила 60 fps, а тренировочный цикл значительно короче. В общем тренировка методом FOMO и Edge Impulse Studio продемонстрировало лучшие результаты.

Существенных различий в скорости обработки различными камерами не обнаружено, что может быть связано с недостаточным числом экспериментов.

Лучший результат входного окна показан для greyscale размерности 48x48.

Отмечены дальнейшие направления для увеличения точности при детектировании – требуется фокусировка на наборе тестовых данных, при отнесении к определённому классу, что также может влиять на точность обнаружения.

Список использованных источников

1. Nguyen V.-T., Bui H.-A. A real-time defect detection in printed circuit boards applying deep learning // EUREKA Physics and Engineering. 2022. DOI:10.21303/2461-4262.2022.002127.
2. Афанасьев М.Я., Грибовский А.А. Концепция адаптивной платформы технологического оборудования // Приборостроение. 2015. DOI:10.17586/0021-3454-2015-58-4-268-272.
3. Родионов Д.В. Совершенствование средств автоматизации технологической подготовки управляющих программ комплекса лазерной сварки при единичном и мелкосерийном производстве: автореф. дис. на соиск. уч. степени канд. техн. наук. – Владимир.: ВлГУ. 2021. 163 с.
4. Умнов В.П., Егоров И.Н., Молостов С.В. Управление и моделирование движения многокоординатного комплексированного исполнительного устройства лазер-робота // Современные проблемы науки и образования. 2014. №. 6. 9 с.

УДК 681.2.08

РАЗРАБОТКА ЛИНЕЙНОГО ЭНКОДЕРА СУБМИКРОННОЙ ТОЧНОСТИ

Кузнецов В.Н.[1] *(аспирант),* ***Васильев А.С.[1]****,* ***Мухтубаев А.Б.[1]****,* ***Гармаев А.Т.[1]*** *(студент),* ***Виссарионова Е.С.[1]*** *(студент),* ***Сычев Н.А.[1]***

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент Дейнека И.Г.[1]

1 – Университет ИТМО

e-mail: vtoes652@yandex.ru

Работа выполнена в рамках гранта ПИШ ИТМО №92147 «Master of Data Product Development»

В работе рассмотрены вопросы проектирования линейного энкодера субмикронной точности. Приведены существующие типы чувствительных элементов для проектирования измерительных систем с точностью, составляющей единицы и десятки микрометров, представлены их основные характеристики. Предложена концепция оптического энкодера открытого типа с описанием алгоритма обработки изображения для вычисления смещений.

Ключевые слова
Оптический энкодер, преобразователь перемещений, измерение перемещений, обработка изображений, станкостроение.

Энкодеры — это вид измерительных устройств, используемых для определения линейных или угловых перемещений объекта измерения. Этот класс устройств получил широкое применение в области станкостроения, робототехники, приборостроения и других, в которых требуется измерение перемещений и высокоточное управление движением с применением обратной связи. В рамках данного исследования производится обзор существующих технических решений, используемых для оценки перемещения объектов с высокой точностью (единицы и десятки микрометров), а также рассматривается концепция энкодера субмикронной точности с акцентом на алгоритмическую составляющую устройства и ее влияние на погрешности измерений.

Широкий спрос на автоматизацию промышленных и производственных процессов в условиях четвертой промышленной революции привел к появлению большого количества типов энкодеров, отличающихся друг от друга как по типам используемых физических принципов, так и по механическому исполнению. В областях прецизионного станкостроения и приборостроения необходимы энкодеры, характеризующиеся высокой точностью (вплоть до 3 мкм), субмикронным разрешением (не хуже 0.1 мкм) и длиной измерений от 400 мм [1].

Существующие решения измерительных систем субмикронной точности

Измерение перемещений с субмикронной точностью подразумевает использование сенсоров, обладающих высокой чувствительностью. Известные физические явления позволяют достичь значений точности вплоть до десятых долей микрометров от всей рабочей области. Однако помимо точностных характеристик важно также учитывать доступный рабочий диапазон и частоту обновления позиции, что зачастую является критичным параметром при выборе измерительной системы для конкретной задачи.

Измерительные устройства на базе тензодатчиков из металлической фольги являются наиболее простым типом измерителя перемещений [2]. Длины измерений таких сенсоров лежат в диапазоне от 10 мкм до 500 мкм. Измерительные устройства на базе тензодатчиков позволяют достичь дискретности в 23 нм с погрешностью от ±0.1 мкм. Использование тензодатчиков ввиду их сравнительно небольшой длины измерения и низкой частотой обновления данных (в среднем не более 10 кГц) [3] не подходит для создания на их основе энкодеров. С их

помощью чаще всего реализуются микропозиционеры, концевые переключатели и другие устройства с малым ходом.

Более широкой длиной измерений, высоким разрешением и точностью обладают сенсоры на базе пьезорезистивных элементов. Сенсоры такого типа позволяют получать измерительные системы с разрешением вплоть до 0.49 нм с частотой обновления информации может достигать 100 кГц. Погрешность таких устройств ограничена возникающими нелинейными эффектами и температурной зависимостью и составляет от ±0.01 мкм. Сама длина измерений таких сенсоров лежит в интервале от 1 мкм до 500 мкм, что значительно ограничивает спектр их применения.

Емкостные сенсоры являются одними из наиболее распространенных чувствительных элементов устройств для нанометровых измерений. Используемый в основе таких сенсоров эффект изменения емкости при движении обкладок или диэлектрика друг относительно друга характеризуется высокой степенью линейности [3], позволяя достигать значений погрешности от ±0.01 мкм. Разрешение измерительных устройств на базе таких сенсоров позволяет достигать 2.4 нм при области измерений от 10 мкм до 10 мм [4]. Использование емкостных сенсоров широко распространено в проектировании измерительного оборудования (например, электронных штангенциркулей или зондов), однако их применение в неблагоприятных условиях окружающей среды ограничено из-за влияния загрязнителей на диэлектрические параметры.

Сенсоры, использующие эффект возникновения вихревых токов (индуктивные), позволяют получать разрешение от 1 до 5 нм на гораздо больших рабочих областях. Конструкции, использующие в своем составе трансформатор с подвижным сердечником, характеризуются длиной измерений от 0.5 мм до 500 мм с погрешностью до 0.5 мкм [3, 5]. Их недостатком является низкая частота обновления позиции, обусловленная изменением температурной зависимости, снижением уровня выходного сигнала и большими тепловыми потерями при возникновении вихревых токов в сердечнике на высокой частоте [6].

На текущий момент наилучшими параметрами точности, разрешения и длиной измерений характеризуются измерительные системы, основанные на регистрации оптических явлений. Одними из наиболее широко используемых оптических измерительных систем, применяемых для определения смещений, являются интерферометрические средства измерений. Высокая чувствительность интерферометров обеспечивает разрешение менее 0.5 нм, при этом длина измерений может составлять несколько метров. Точность при этом составляет 1 ppm от максимальной длины измерения. Максимальная частота обновления позиции в случае интерферометров может составлять сотни килогерц. Несмотря на высокую точность и разрешающую способность, применимость интерферометров на практике не всегда оправдана из-за их высокой стоимости, больших размеров, а также негативного влияния флуктуаций параметров среды распространения при работе на больших расстояниях [3].

Техническое решение на основе оптического энкодера

Другим типом измерительных систем на основе оптических эффектов являются оптические энкодеры. Конструкции оптических энкодеров имеют прямую зависимость от используемых в их основе оптических явлений. Широкую популярность на рынке завоевали энкодеры на базе высокочувствительных измерительных головок и шкал с прецизионно нанесенной последовательностью штрихов. В составе измерительной головки присутствует источник излучения и распределенный приемник, который представляет собой набор фотоэлементов с размерами, достигающими 2–5 мкм. Излучение от источника направляется на измерительную шкалу. В зависимости от конструкции излучение отражается от измерительной шкалы, либо проходит через нее, и попадает на фотоприемники. По регистрируемой интенсивности излучения вычисляется смещение объекта измерения.

Оптические энкодеры — это одни из самых популярных устройств для измерения перемещений в области прецизионного станкостроения и приборостроения [7]. Обладая малыми размерами и низкой стоимостью относительно интерферометров, оптические энкодеры теоретически позволяют добиться разрешения в 6–10 нм с погрешностью от ±1 мкм [8].

Наиболее передовые энкодеры от ведущих производителей (Renishaw, Heidenhain) используют в качестве чувствительного элемента ASIC микросхемы с двумерной

интегрированной фоточувствительной матрицей. Применение такого решения позволяет получить высокоточное устройство определения смещений, обладающее толерантностью к внешним загрязнениям измерительной шкалы за счет интегрирования одной из размерностей матрицы. В то время как такое решение показало свою эффективность, технологическая возможность производства подобных микросхем крайне затруднена.

В рамках текущей работы предлагается разработка энкодера, использующего в своем составе однорядный линейный фотоприемник. Интегрирование в данном случае производится за счет оптической схемы, сжимающей изображение по направлению штрихов измерительной шкалы. Полученное изображение попадает на однорядную линейную матрицу, которая оцифровывает изображение для дальнейшей обработки на ПЛИС. Измеренное значение по промышленному выходному интерфейсу передается в обрабатывающую электронику оконечного устройства. На рисунке 1 представлена общая схема работы разрабатываемого энкодера.

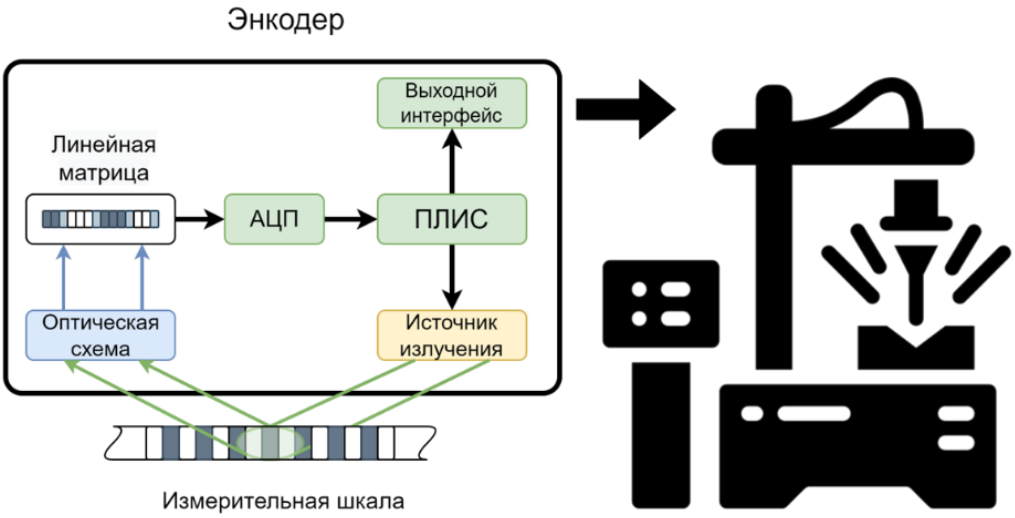


Рис. 1. Общий принцип работы энкодера

Оценка методической погрешности алгоритма обработки

Важной составляющей предлагаемого энкодера является алгоритмическая обработка изображения. Лежащие в основе алгоритма принципы напрямую определяют максимально возможную точность и разрешение энкодера.

Поиск энергетического центра по полуширине начинается с определения максимального значения сигнала на заданном участке. После нахождения соответствующего значения рассчитываются такие два значения аргумента x_{r_hw} и x_{l_hw}, которым соответствуют отсчеты сигнала, равные половине максимума сигнала. После определения левой и правой границ аргумента рассчитывается сумма произведений значения сигнала и соответствующего аргумента, а также сумма всех значений сигнала из данного интервала. После этого производится деление первого значения на второе. Результатом такой операции является определение энергетического центра штриха:

$$X_{en.center} = \frac{\sum_{x=x_{l\_hw}}^{x_{r\_hw}} I(x) \cdot x}{\sum_{x=x_{l\_hw}}^{x_{r\_hw}} I(x)},$$

где $X_{en.center}$ – координата определенного энергетического центра,
$I(x)$ – зарегистрированная интенсивность излучения по координате x,
x – координата пиксела,
x_{l_hw} – координата, соответствующая левой границе полуширины,
x_{r_hw}– координата, соответствующая правой границе полуширины.

Найденные энергетические центры сравниваются с соответствующими им центрами с предыдущего кадра. Разница между координатами центров будет равна смещению объекта

относительно измерительной головки в условных единицах пикселов:

$$X_{diff}[j] = X_{en.center}[i,j] - X_{en.center}[i-1,j].$$

где X_{diff} – массив смещений каждого из зарегистрированных энергетических пиков,
i – номер кадра,
j – номер энергетического центра.

Найденные в заданном участке смещения затем подвергаются процедуре нахождения среднего значения:

$$\overline{X_{diff}} = \frac{\sum_{j=0}^{J} X_{diff}(j)}{J},$$

где $\overline{X_{diff}}$ – среднее смещение по всем зарегистрированным энергетическим пикам.

Вычисленное среднее значение смещения далее суммируется со значением смещений, измеренных на предыдущих итерациях работы алгоритма:

$$X_{res} = X_{res} + \overline{X_{diff}},$$

где X_{res} – результирующее смещение относительно начального положения.

Измеренное смещение в пикселах переводятся в физическую величину смещения путем умножения на масштабный коэффициент оптической схемы.

Для оценки погрешности алгоритма определения положения было проведено его моделирование в среде MATLAB. В качестве входных данных использовались 3 набора значений: изображение идеального синуса, изображение синуса с имитацией загрязнений и добавления гауссова шума со средним значением 0.5 и стандартным отклонением 0.02, изображение синуса с имитацией загрязнений и добавления гауссова шума со средним значением 0.5 и стандартным отклонением 0.16. В качестве размера пиксела использовано значение 5.5 мкм, характерное для матрицы Hamamatsu S13131-1536.

Обработка набора данных, имитирующих идеальные условия перемещения измерительной шкалы, приведены на рисунке 2. Ошибка определения смещения не превышает в данном случае 0.04 мкм, СКО ошибки 0.013 мкм.

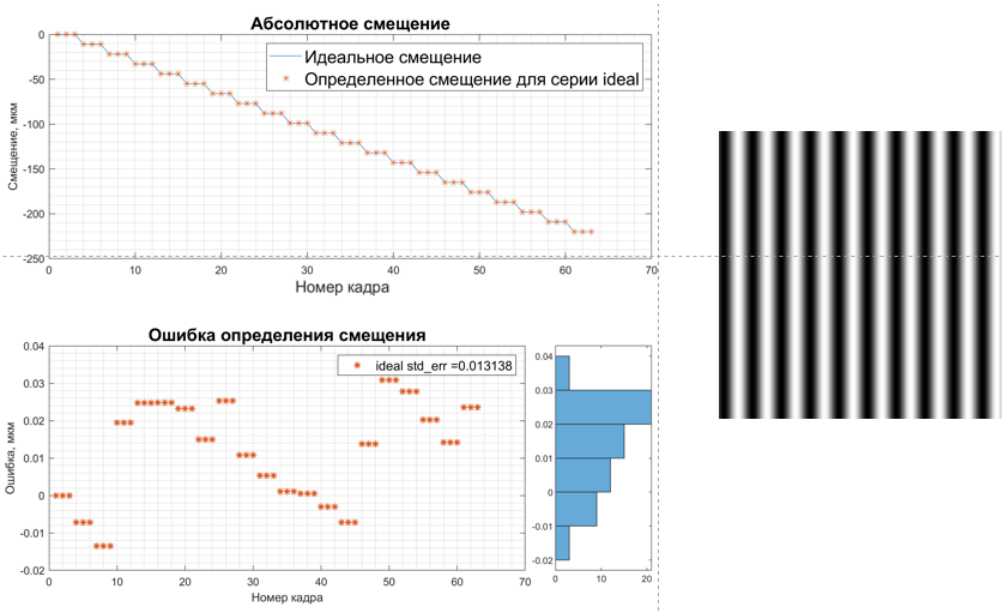


Рис. 2. Результат работы алгоритма с имитацией идеальных условий работы энкодера

Имитация загрязнений и внесение гауссова шума привели к увеличению погрешности до 1 мкм со среднеквадратичным отклонением погрешности в ±0.47 мкм. Результат симуляции работы алгоритма над зашумленной серией изображений представлен на рисунке 3.

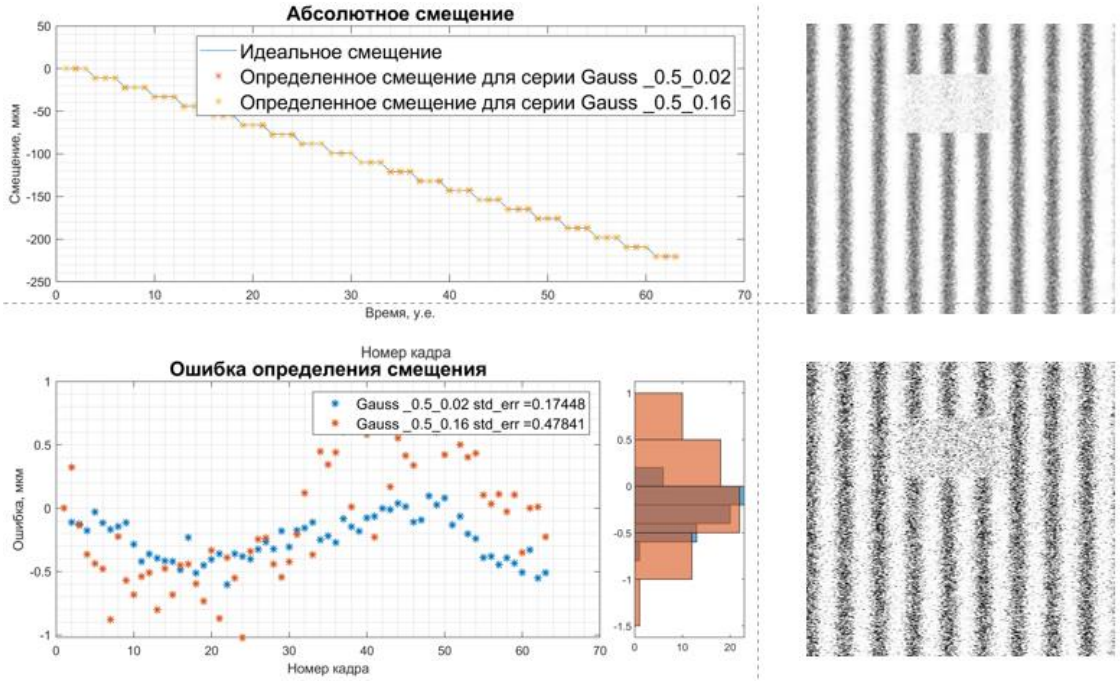


Рис. 3. Результат работы алгоритма с зашумленными изображениями

На текущий момент оптические энкодеры остаются одними из наиболее востребованных средств измерения смещений для применения в области точного приборостроения и станкостроения. Существующие модели энкодеров полагаются во многом на технологические возможности по производству полупроводниковых микросхем, в то время как существуют и другие возможности по улучшению параметров точности и разрешения. В рамках данной статьи представлен задел по алгоритмической части линейного оптического энкодера субмикронной точности. Представленный алгоритм определения смещения характеризуется максимальной погрешностью измерений в 0,04 мкм со среднеквадратичным отклонением в 0,013 мкм в идеальных условиях для статического положения, что позволяет разработать на его основе энкодер субмикронной точности. Рассмотренный алгоритм будет применен в последующих экспериментах с анаморфным преобразованием изображения для вычисления смещений движущихся объектов.

Список использованных источников

1. Станки для прецизионной микрообработки. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://laserapr.ru/category/mikroobrabotka/ (дата обращения: 01.03.2023).
2. Precision Strain Gages and Sensors. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://docs.micro-measurements.com/?id=4079 (дата обращения: 01.03.2023).
3. Andrew J. Fleming. A review of nanometer resolution position sensors: Operation and performance//Sensors and Actuators A: Physical. Elsevier. 2013. Vol. 190. Pp. 106–126.
4. Capacitive sensors for displacement, distance and position. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.micro-epsilon.com/displacement-position-sensors/capacitive-sensor/ (дата обращения: 01.03.2023).
5. LVDT'S Monitran product range. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.monitran.com/products/lvdts/ (дата обращения: 01.03.2023).
6. David S. Nyce Linear position sensors: theory and application – Wiley–Interscience. 2003. 184 p.
7. Haoyu Yu, Xiaolong Chen, Chanjun Li, Gaigai Cai, Weidong Wang. A survey on the grating based optical position encoder // Opt. Laser Technol. Elsevier. 2021. Vol. 143. P. 107352.
8. Renishaw optical encoders. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.renishaw.com/en/optical-encoders-data-sheets--30959 (дата обращения: 01.03.2023).

УДК 543.423

РАЗРАБОТКА ЭТАЛОНОВ ДЛЯ АНАЛИЗА ДРЕВНЕРУССКИХ СВИНЦОВО-СИЛИКАТНЫХ СТЕКОЛ

Леонидова А.А.*[1] *(аспирант)

***Научный руководитель – доктор физико-математических наук, профессор Никоноров Н.В.*[1]**

[1]*Университет ИТМО*

e-mail: aaleonidova@itmo.ru

Работа выполнена в рамках темы НИР №621317 «Фундаментальные и прикладные вопросы фотоники»

В работе рассмотрен метод построения калибровочной кривой для количественного анализа методом лазерно-искровой эмиссионной спектроскопии с целью исследования химического состава исторических свинцово-силикатных стекол. В качестве эталонов для калибровки были синтезированы образцы стекла с различными соотношениями оксида кремния и оксида свинца.

Ключевые слова
Лазерно-искровая эмиссионная спектроскопия, метод эталонов, калибровочная кривая, археометрическое исследование, свинцово-силикатные стекла, смальты, мозаики.

Традиционно считают, что мозаики пришли в культуру Древней Руси после принятия христианства в X веке, под влиянием византийской культуры. Однако известны примеры применения смальт в обрамлении древнерусских сооружений уже с IV века [1]. Смальты представляли собой кусочки высокосвинцового стекла и монтировались в пол или в стены, в зависимости от типа украшения. Анализ химического состава древних стекол представляет большой интерес для исследователей-историков, поскольку по химическому составу стеклянных изделий возможно определить место и время их изготовления. Мозаики и смальты являлись продуктом массового производства, а значит, представляют большое количество однотипных объектов, которые требуют исследования непосредственно на месте их расположения. По этой причине количество доступных методов для исследования смальт значительно снижается. Также мы можем наблюдать значительные расхождения в химическом составе даже в пределах одной группы объектов, поэтому требуется применять статистический подход к исследованию с большой выборкой образцов.

В настоящее время существует несколько распространенных методов исследования объектов культуры. Из химических методов это прежде всего аналитическая химия, из физических – атомно-абсорбционная спектроскопия (ААС), рентгенофлуоресцентный анализ (РФлА) и масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой (МС-ИСП). Каждый из этих методов имеет свои достоинства, но также и ряд существенных недостатков. Наибольший интерес среди этих методов для исследования исторических смальт и мозаик представляет метод РФлА, поскольку он позволяет анализировать состав объекта на месте его расположения и не требует пробоотбора, т. е. является неразрушающим. Главный недостаток РФлА заключается в матричном эффекте, поэтому результаты анализа будут зависеть как от качественного, так и от количественного состава образца.

Одним из наиболее перспективных и востребованных методов исследования является лазерно-искровая эмиссионная спектроскопия (ЛИЭС). Преимущество данного метода заключается в возможности проведения одновременно качественного и количественного анализа, в том числе и анализа химического состава вещества в любом агрегатном состоянии.

Также методом ЛИЭС может быть осуществлен дистанционный анализ [2]. Метод ЛИЭС основан на регистрации характеристических спектров, возникающих в факеле плазмы. Получение плазмы происходит при воздействии высокоэнергетичного лазерного импульса на материал. Со временем плазма остывает и происходит рекомбинация электронов в атомах, избыток энергии выделяется в качестве излучения. Регистрация этого излучения при помощи спектрометра позволяет сопоставлять получаемые линии спектра с конкретными химическими элементами [3].

Для того чтобы получить количественные значения химического состава методом ЛИЭС, как правило, выбирают эталонные образцы с известной концентрацией или массой определяемого компонента, затем строят градуировочный график. Цель настоящей работы заключалась в разработке эталонов для анализа древнерусских свинцово-силикатных стекол. Для этого было необходимо синтезировать высокосвинцовые силикатные стекла, создать установку ЛИЭС для их анализа и количественно измерить состав эталонов методом ЛИЭС.

На основании литературных данных [4, 5] синтезированы 4 типа свинцово-силикатных стекол с наиболее часто встречающимися соотношениями PbO и SiO. Состав полученных после синтеза образцов был проанализирован методом рентгеновской флуоресценции на спектрометре Bruker Tracer 5. В полученных данных, представленных в таблице 1, наблюдается занижение реальной концентрации оксида кремния по сравнению с составами при синтезе. Для образца № 1 дополнительно проведен волнодисперсионный рентгенофлуоресцентный анализ, результаты которого оказались близки к составам, стекла по синтезу. Поэтому данное значительное расхождение в показателях, вероятно, связано с погрешностями прибора Bruker.

Таблица 1

Химический состав эталонных образцов свинцово-силикатных стекол

№ образца	Компоненты	Содержание, вес. %	По анализу вес. %	Разность, вес. %
1	PbO SiO_2	70 30	81,8 17,4	+11,8 -12,6
2	PbO SiO_2	75 25	74,7 25,2	-0,3 +0,2
3	PbO SiO_2	80 20	77,5 22,4	-2,5 +2,4
4	PbO SiO_2	85 15	85,3 14,4	+0,3 -0,6

По этой причине для количественного анализа методом лазерно-искровой эмиссионной спектроскопии за исходные данные приняты составы стекол при синтезе. Эмиссионные спектры эталонных образцов получали на экспериментальной установке LIBS с наносекундным лазером (Nd:YAG) в режиме модулированной добротности. Измерение проводилось при длине волны 532 нм с энергией лазерного импульса 60 мДж. Задержка регистрации сигнала относительно времени срабатывания затвора составляла 3 мкс.

На рисунке 1, а представлен эмиссионный спектр образца №2. На спектре наблюдаются интенсивные спектральные линии Pb на 257, 280, 363 и 405 нм и полосы Si на 390 и 505 нм. На рисунке 1, б справа видно, что интенсивности полос увеличиваются в зависимости от количества импульсов, т. е. в зависимости от глубины проникновения лазера.

Для того чтобы установить, как соотносятся интенсивность линий с увеличением количества лазерных импульсов, построен график зависимости интенсивности сигнала от количества импульсов для разных наиболее интенсивных полос Pb. На рисунке 2 видно, что полученные кривые можно условно разделить на два поля (указаны цифрами): 1 – возрастание интенсивности, связанное с очисткой поверхности, затем плавный спад кривой. В поле 2 наблюдается снижение интенсивности, которое происходит в результате развития кратера и снижения плотности энергии на образце.

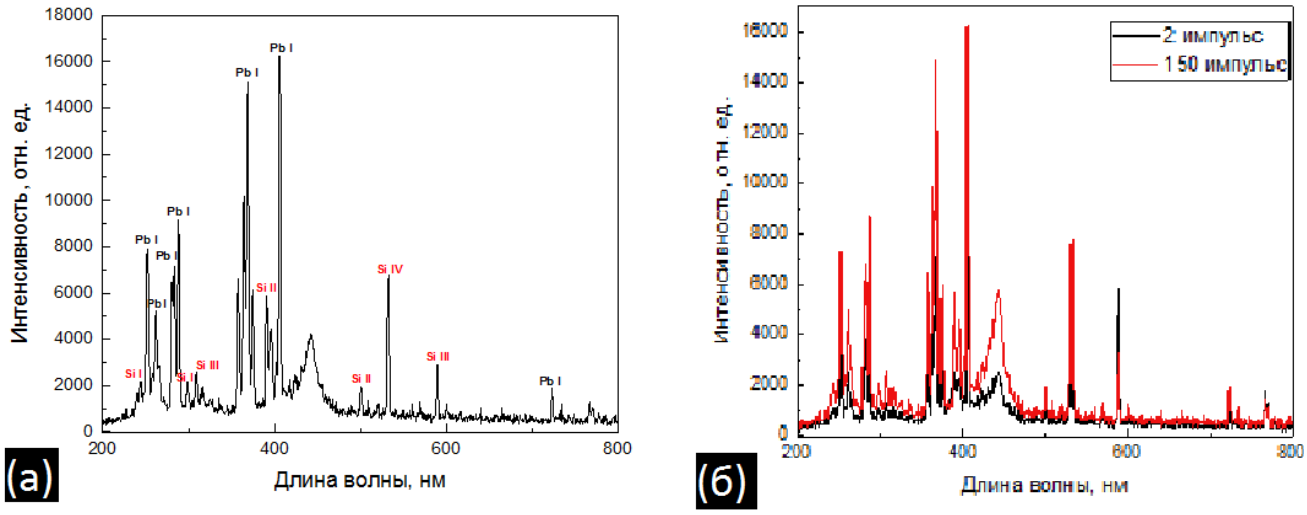


Рис. 1. Эмиссионный спектр образца № 2

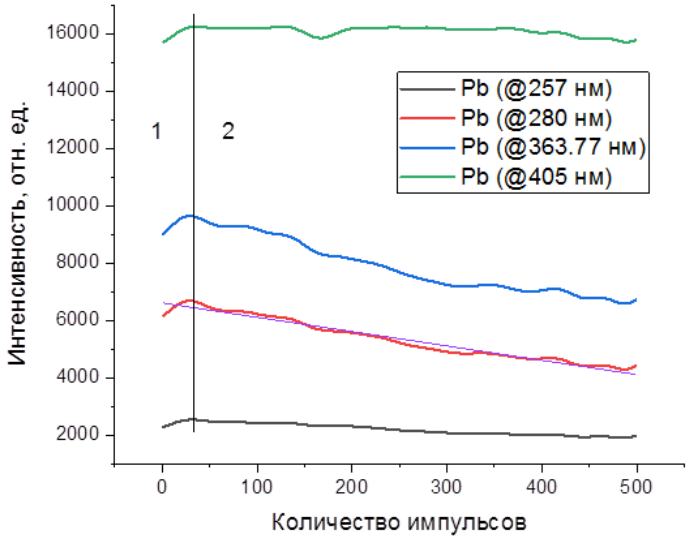


Рис. 2. График зависимости интенсивности сигнала от количества лазерных импульсов для образца № 2

Следующим шагом исследования стало построение градуировочного графика зависимости интенсивности сигнала от концентрации оксида свинца для полосы Pb на 287 нм. Для построения графика на каждом из эталонных образцов было произведено 150 импульсов. Данные средних значений и стандартных отклонений интенсивности полосы Pb приведены в таблице 2.

Таблица 2

Среднее значение интенсивности полосы Pb на 287 нм

Концентрация Pb	Среднее значение интенсивности, отн. ед.	Стандартное отклонение, отн. ед.	Погрешность, отн. ед.
70	8257,08919	1507,93552	5,475
75	7339,67833	1388,51615	5,285
80	6395,16129	1680,59225	5,827
85	6059,18058	1703,10063	3,557

На рисунке 3 можно наблюдать, что при повышении концентрации свинца в стекле его средняя интенсивность снижается. Поскольку обычно график должен иметь обратную зависимость, и кривая должна возрастать при повышении концентрации, вероятно, здесь мы имеем дело с эффектом перепоглощения, и это явление подлежит дальнейшему исследованию.

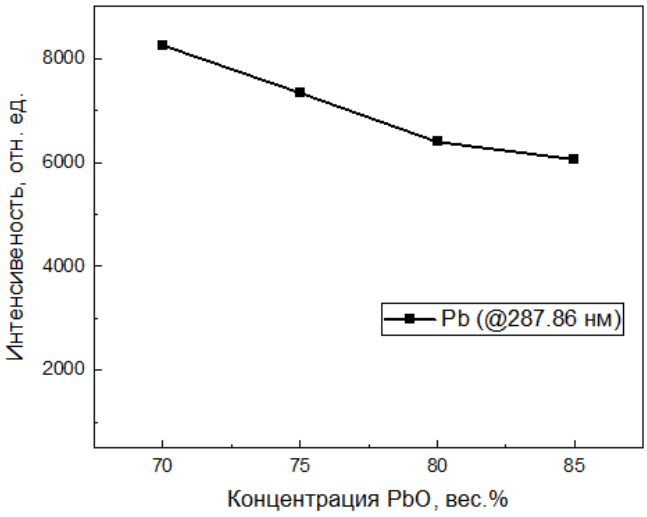


Рис. 3. График зависимости интенсивности сигнала от концентрации оксида свинца в стекле для полосы Pb на 287 нм

Таким образом, в ходе данного исследования созданы эталоны высокосвинцовых стекол с наиболее распространенными соотношениями оксида свинца и оксида кремния. Собрана установка для лазерно-искровой эмиссионной спектроскопии, проведен качественный и количественный анализ эталонных стекол методом ЛИЭС. Планируется дальнейшее исследование зависимости интенсивности полос свинца и кремния для построения калибровочных кривых.

Список использованных источников

1. Лазарев В.Н. Древнерусские мозаики и фрески XI—XV веков. – М.: Искусство. 1973. 546 с.
2. Кремерс Д., Радзиемски Л. Лазерно-искровая эмиссионная спектроскопия. – М.: Техносфера. 2009. 360 с.
3. Gomez-Moron M. A., Ortiz P., Ortiz R. Laser-induced breakdown spectroscopy study of silversmith pieces: the case of a Spanish canopy of the nineteenth century. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/301797207_Laser-induced_breakdown_spectroscopy_study_of_silversmith_pieces_the_case_of_a_Spanish_canopy_of_the_nineteenth_century (дата обращения: 23.12.2022).
4. Безбородов М.А. Химия и технология древних и средневековых стекол. – Минск: «Наука и техника». 1969. 276 с.
5. Галибин В.А. Состав стекла как археологический источник. – СПб.: «Петербургское Востоковедение». 2001. 216 с.

УДК 535.317

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ ДЛЯ АНАЛИЗА КАЧЕСТВА ИЗОБРАЖЕНИЯ И ЕЁ ИНТЕГРАЦИЯ В ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС КОНТРОЛЯ ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Летова Е.Ю.[1] *(аспирант)*

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент Иванова Т.В.[1]

[1]*Университет ИТМО*

e-mail: letova@niuitmo.ru

Работа выполнена в рамках темы НИР №621317 «Фундаментальные и прикладные вопросы фотоники»

В работе рассмотрена разработка программы для контроля качества оптических систем в условиях производства. Приведено описание основных функциональных возможностей программного обеспечения, таких как предварительная обработка изображения, поиск центра пятна рассеяния, расчёт функции концентрации энергии и функции передачи модуляции, а также учёт размера тест-объекта, если он не является бесконечно малым. Кроме того, обсуждаются наиболее эффективные настройки для работы программно-аппаратного комплекса.

Ключевые слова

Аберрации, функция рассеяния точки, функция рассеяния линии, функция передачи модуляции, функция концентрации энергии, предварительная обработка изображения, центр пятна рассеяния, контроль качества оптических систем.

Одной из важнейших задач, возникающих в процессе изготовления и эксплуатации оптических систем, является контроль их качества. В настоящее время традиционные интерферометрические методы контроля оптических систем являются наиболее широко распространёнными и часто используемыми на производстве. Контроль оптики на установке с интерферометром позволяет чрезвычайно точно оценить качество произведённого изделия, однако такой способ обладает целым набором недостатков. Прежде всего для тестирования оптических приборов интерферометрическим методом требуется дорогостоящая аппаратура высокой технической сложности, а процесс измерений является весьма трудоёмким и требует определённой квалификации оператора. К тому же установки интерферометрического контроля обладают ограниченностью применимости для приборов, введённых в эксплуатацию, и для крупногабаритных или нестандартных устройств.

В то же время, несмотря на отсутствие указанных выше недостатков интерферометрических методов, контроль качества по изображениям тест-объектов применяется гораздо реже ввиду уступающей интерферометрическим измерениям точности результатов. В связи с этим данный подход нуждается в развитии численных алгоритмов, методов обработки данных и создании программно-аппаратных комплексов контроля оптических приборов. Комплексный подход позволит увеличить точность оценки качества изображения благодаря возможности учёта различных влияющих факторов и их компенсации как на аппаратном, так и на программном уровнях.

Приборная часть программно-аппаратного комплекса контроля оптики

Точный контроль качества создаваемых оптических систем является неотъемлемой частью оптического производства. Например, в организации-партнёре ОА «ЛОМО» для контроля оптики производят регистрацию изображений тест-объектов, таких как щелевые и точечные диафрагмы различного размера. В процессе измерений фиксируется серия снимков

одного тест-объекта с различной расфокусировкой. В соответствии со стандартом полученные данные необходимы для однозначного определения плоскости наилучшей установки (ПНУ) на основе зависимости коэффициента передачи модуляции от величины расстояния между тест-объектом и плоскостью изображения [1]. Использование в качестве входных данных изображения, зарегистрированного в найденной ПНУ, обеспечивает оптимальное вычисление характеристик качества, таких как функция передачи модуляции (ФПМ) и функция концентрации энергии (ФКЭ). На рисунке 1 представлена схема установки контроля оптических систем.

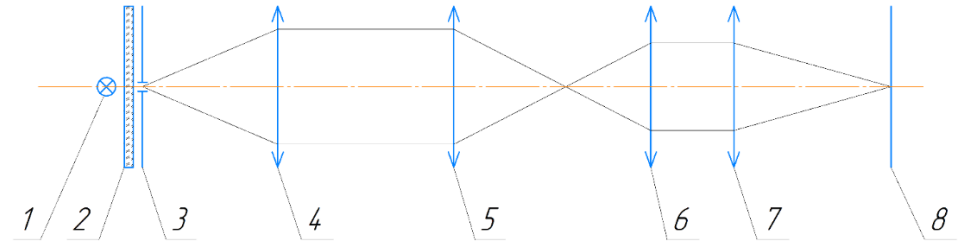


Рис. 1. Схема установки для регистрации изображений тест-объектов:
1 – источник; 2 – светофильтр; 3 – тест-объект; 4 – коллиматор; 5 – исследуемый объектив; 6 – микрообъектив; 7 – тубусная линза; 8 – приёмник [2]

Таким образом, целью работы является разработка программы для анализа качества изображения и её интеграция в программно-аппаратный комплекс контроля оптических систем для использования на предприятии ОА «ЛОМО». В соответствии с техническим заданием заказчика сформулированы задачи работы, которые образуют основной функциональный набор программного обеспечения и далее будут подробно рассмотрены.

Предварительная обработка изображения и формирование функций рассеяния

Неотъемлемой частью вычисления характеристик качества оптических систем по изображениям тест-объектов является предварительная обработка полученных данных, в том числе фильтрация шумов и удаление фоновой засветки. Правильная подготовка входных данных напрямую влияет на точность вычисления функции передачи модуляции и концентрации энергии. Удаление помех в разработанной программе осуществляется при помощи масочного фильтра Гаусса или с использованием нелинейной медианной фильтрации. При этом способ обработки изображения зависит от его качества и определяется на усмотрение пользователя, так как чрезмерное применение фильтров для удаления высоких частот может привести к потере полезного сигнала и ухудшению рассчитываемых характеристик качества. Для избавления от фоновой составляющей вычисляется среднее арифметическое значение интенсивности пикселей в углах кадра, после чего полученная средняя интенсивность вычитается из величины каждого пикселя изображения. Неполная ликвидация фоновой засветки может привести к выбросам в области низких частот на графике ФПМ.

Функция передачи модуляции вычисляется как преобразование Фурье, зарегистрированного изображения тест-объекта [3]. Как известно, Фурье-образ чувствителен к смещению исходной функции относительно осей координат, поэтому одним из важнейших этапов вычислений является поиск центра пятна рассеяния. В разработанной программе реализованы различные методы вычисления центра, что позволяет оператору подобрать оптимальный способ, исходя из свойств зарегистрированного изображения. В числе реализованных алгоритмов поиска центра функции рассеяния находятся такие методы как поиск центра по максимальной интенсивности и по максимальной энергии, а также вычисление классического и квадратичного центра масс [4].

Кроме того, для работы с изображениями щелевых диафрагм реализован специальный алгоритм формирования одномерной функции рассеяния линии (ФРЛ) из двухмерного изображения при помощи суммирования. При этом вычисляется сумма сечений, максимальная интенсивность которых не ниже заданного значения, одного изображения линейного тест-объекта. Данный способ расчёта ФРЛ позволяет эффективно избавляться от шумов и не оказывает сильного влияния на форму зарегистрированного пятна рассеяния. На рисунке 2

представлены одно сечение изображения линейного тест-объекта и функция рассеяния линии, сформированная посредством суммирования, при этом на левом графике интенсивность отображена в линейном масштабе, а справа для наглядности те же данные представлены с интенсивностью в логарифмическом масштабе.

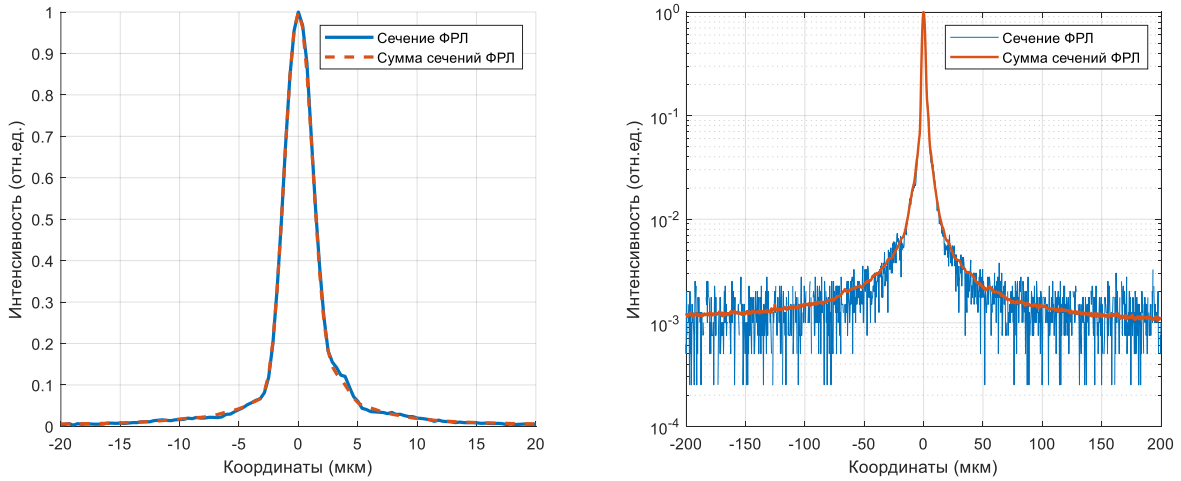


Рис. 2. График зависимости интенсивности от координат на изображении линейного тест-объекта в линейном (слева) и логарифмическом (справа) масштабе [5]

Расчёт характеристик качества изображения

Анализировать качество оптических систем по изображению точки можно несколькими способами. Так, одной из исследуемых характеристик является коэффициент концентрации энергии, который рассчитывается как отношение суммы интенсивностей всех пикселей области заданного размера к сумме всей энергии изображения по следующим формулам:

$$U = \frac{U_R}{A} \cdot 100\%;\ U_R(R) = \begin{cases} \sum_i \sum_j I_{i,j}, \text{ внутри } \Omega_\mathrm{R} \\ 0, \text{ вне } \Omega_\mathrm{R} \end{cases},$$

где Ω_R – круглая или квадратная область заданного размера R;
A – сумма всей энергии в изображении.

Расчёт размера области по заданной концентрации осуществляется методом половинного деления, при этом поиск начального промежутка неопределённости осуществляется алгоритмом Свенна. Все расчёты могут осуществляться для круглой или квадратной формы области в зависимости от поставленной задачи. Кроме того, программа осуществляет вычисление функции концентрации энергии, что позволяет оценить качество изображения и сравнить с результатами анализа, полученными другими методами.

Не менее важной характеристикой для оценки качества оптической системы является функция передачи модуляции. Она характеризует передачу контраста в зависимости от пространственной частоты предмета. ФПМ может быть рассчитана по изображению щелевой или точечной диафрагмы. Для точечного тест-объекта представлена возможность поиска минимального контраста и анализа функции передачи модуляции в различных сечениях, а также поиск сечения с минимальным контрастом на заданной частоте. Кроме того, если тест-объект нельзя считать бесконечно малым, ФПМ можно вычислить с учётом его размера. Для этого рассчитывается отношение Фурье-образа зарегистрированного изображения к Фурье-образу предмета заданного размера по следующим формулам:

$$D(\nu_x) = \frac{\tilde{I}'(\nu'_x)}{\tilde{I}(\nu_x)} = \frac{\mathrm{F}[I'(\eta_x)]}{Sinc(w\nu_x)};\ D(\nu_x, \nu_y) = \frac{\tilde{I}'(\nu'_x, \nu'_y)}{\tilde{I}(\nu_x, \nu_y)} = \frac{\mathrm{F}[I'(\eta_x, \eta_y)]\sqrt{(2r\nu_x)^2 + (2r\nu_y)^2}}{J_1(4\pi r\nu_x, 4\pi r\nu_y)},$$

где I'– изображение тест-объекта;
J_1 – функция Бесселя первого порядка;
w – ширина щели;

r – радиус точечной диафрагмы;
ν_x, ν_y – пространственные частоты;
η_x, η_y – пространственные координаты.

Выражение для спектра предмета получено аналитическим вычислением Фурье-образа функции распределения яркости тест-объекта. В свою очередь для правильной корректировки функции передачи модуляции размер тест-объекта необходимо перевести в канонические единицы. Для этого необходимо учесть масштабные преобразования изображения, которые вносит установка регистрации пятен рассеяния. На рисунке 3 представлен пример графика функции передачи модуляции, рассчитанной для изображения точечной диафрагмы диаметром 15 мкм, при этом графики меридионального и сагиттального сечений практически совпадают ввиду симметричного вида зарегистрированного пятна рассеяния.

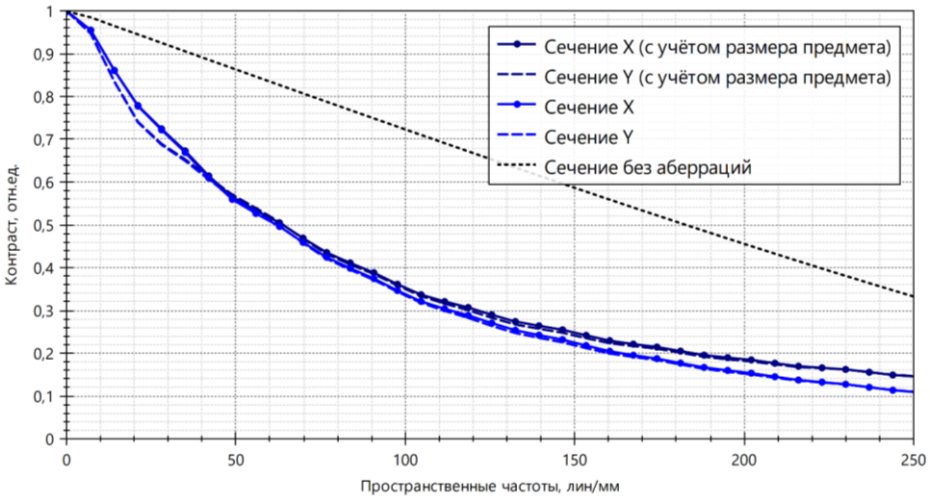


Рис. 3. Графики сечений функции передачи модуляции точечного тест-объекта

Таким образом, в результате работы разработано программное обеспечение для контроля качества оптических систем по изображению тест-объекта на предприятии АО «ЛОМО» в полном соответствии с поставленными задачами и техническим заданием. Приложение обладает полным функционалом для частичной автоматизации процесса аттестации произведённой оптической продукции. Более того, программно-аппаратный комплекс обладает уникальным набором функций поиска центра пятна рассеяния, формирования функций рассеяния и вычисления основных характеристик качества изображения, которые в совокупности обеспечивают минимальную погрешность вычислений.

Список использованных источников

1. ГОСТ 3-2635-82. Устройства для измерения функции передачи модуляции съёмочных объективов. Метод проверки. – Введён 01.01.1984. – М.: Дом оптики, 1983. 25 с.
2. Летова Е.Ю., Исламова Р.Р. Разработка программы для контроля качества оптической системы по зарегистрированному пятну рассеяния при помощи вычисления концентрации энергии и частотно-контрастной характеристики // Сборник трудов XI Конгресса молодых ученых (Санкт-Петербург). 2022. Т. 1. С. 637–640.
3. ГОСТ Р58566—2019 Оптика и фотоника. Объективы для оптико-электронных систем. Методы испытаний. – М.: Стандартинформ. 2019. 28 с.
4. Иванова Т.В., Летова Е.Ю., Калинкина О.С., Никифорова Д.В., Стригалев В.Е. Анализ методов определения центра пятна рассеяния в присутствии аберраций // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2021. Т. 21. №. 3. С. 334–341.
5. Летова Е.Ю., Иванова Т.В., Завгородний Д.С. Разработка программы для программно-аппаратного комплекса контроля качества оптических систем по изображениям тест-объектов // XII Международная конференция по фотонике и информационной оптике: Сборник научных трудов. М.: НИЯУ МИФИ. 2023. С. 550–551.

УДК 537.8

СИЛА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ, ВЫЗВАННАЯ РЕЗОНАНСНЫМИ ЭФФЕКТАМИ В СВЧ ОБЛАСТИ

Панурченко В.П.[1]*(студент)*, ***Тиманкова Ю.А.***[1]*(студент)*, ***Искра К.В.***[1]*(студент)*

Научный руководитель – аспирант четвертого курса Корешин Е.А [1]

[1]*Университет ИТМО*

e-mail: v.panurchenko@metalab.ifmo.ru, evgeniy.koreshin@metalab.ifmo.ru

В настоящей работе мы исследуем силу притяжения/отталкивания двух объектов, вызванную взаимодействием их электромагнитных полей. Рассматриваемый эффект имеет резонансный характер, а рабочие частоты принадлежат СВЧ области радиочастотного диапазона. В качестве объектов были выбраны диэлектрический диск и закрытый резонатор на основе полого металлического волновода. В численном моделировании было достигнуто высокое согласование системы, при котором расчет силы дает 0,8 мкН. Был предложен экспериментальный подход детектирования силы малой величины.

Ключевые слова
Диэлектрик, электромагнитное поле, сила взаимодействия, СВЧ область, малая сила.

Вопрос взаимодействия различных материалов с электромагнитным полем всегда представлял интерес для ученых. Хорошо исследовано взаимодействие ферромагнетиков с постоянным магнитным полем [1], диамагнетиков с переменным магнитным полем [2]. Важным шагом в изучении этого вопроса стало открытие взаимодействия диэлектрических частиц с лазерным излучением, на основе которого был создан оптический пинцет [3]. Однако подобное взаимодействие слабо изучено для СВЧ области электромагнитного излучения, что делает наше исследование актуальным. Для данной спектральной области характерна низкая плотность мощности энергии и, соответственно, малая сила взаимодействия. По этой причине, в данной работе рассматриваются резонансные эффекты, позволяющие кратно увеличить амплитуду электромагнитного поля.

Объекты исследования – пара сильно взаимодействующих резонаторов, первый из которых представлен отрезком прямоугольного металлического волновода, второй диэлектрическим цилиндром с большой диэлектрической проницаемостью, на который будет действовать сила. Длина волновода подбиралась так, чтобы резонансная частота его TE103 моды совпадала с основной модой диэлектрического резонатора, магнитное поле которой подобно магнитному диполю. Цилиндр помещался внутрь волновода (рис. 1).

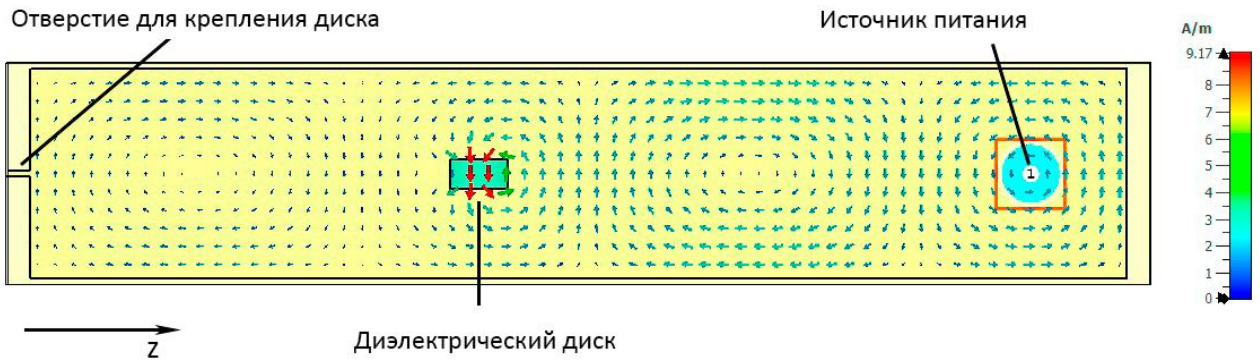


Рис. 1. Взаимное расположение резонаторов с изображением распределения магнитного поля в антисимметричной моде

Было произведено численное моделирование электромагнитной задачи в программах CST Microwave Studio и COMSOL Multiphysics. В численном моделировании рассматривалась зависимость коэффициента отражения системы из резонаторов от положения цилиндра $z = z_{cyl}/c$, где c – длина волновода вдоль оси z (рис. 2). Коэффициент отражения характеризует сколько энергии вернется в генератор после отражения от ЭМ системы. Чем меньше коэффициент, тем больше энергии остается в системе, соответственно, тем больше генерируемые ЭМ поля и сила взаимодействия.

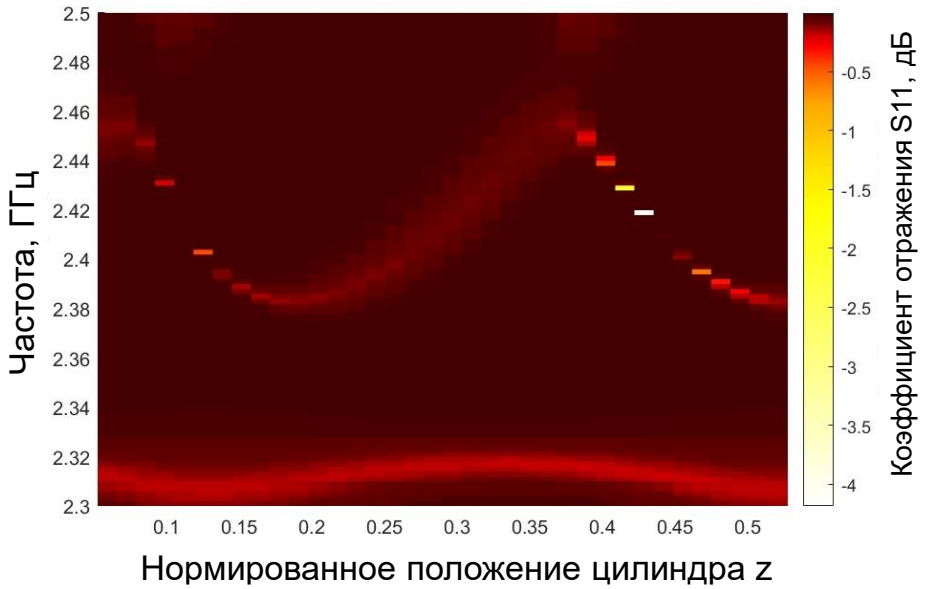


Рис. 2. Зависимость коэффициента отражения от положения цилиндра

Далее была промоделирована зависимость силы, действующей на цилиндр, от его положения (рис. 3). Значение силы вычислялось путем интегрирования тензора Максвелла, взятого из распределения ЭМ полей, по поверхности диэлектрического резонатора. Стоит отметить, что сила, направленная вдоль оси z, была на порядок больше, чем силы, направленные перпендикулярно этой оси. Была подтверждена корреляция: чем меньше коэффициент отражения, тем больше сила взаимодействия. На основе этих данных было найдено оптимальное положение цилиндра, при котором сила достигает наибольшего значения.

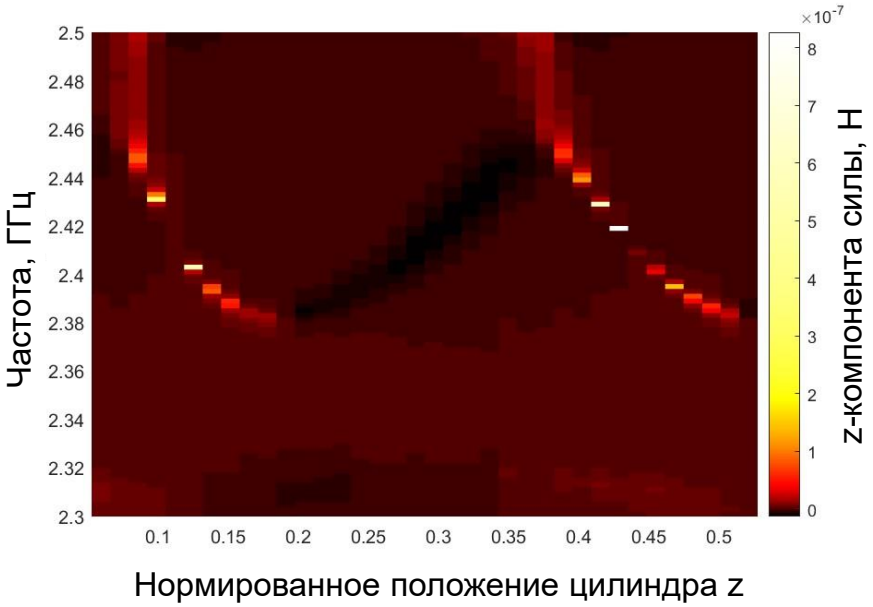


Рис. 3. Зависимость силы взаимодействия от положения цилиндра

Экспериментальное подтверждение зависимости коэффициента отражения представлено на рисунке 4.

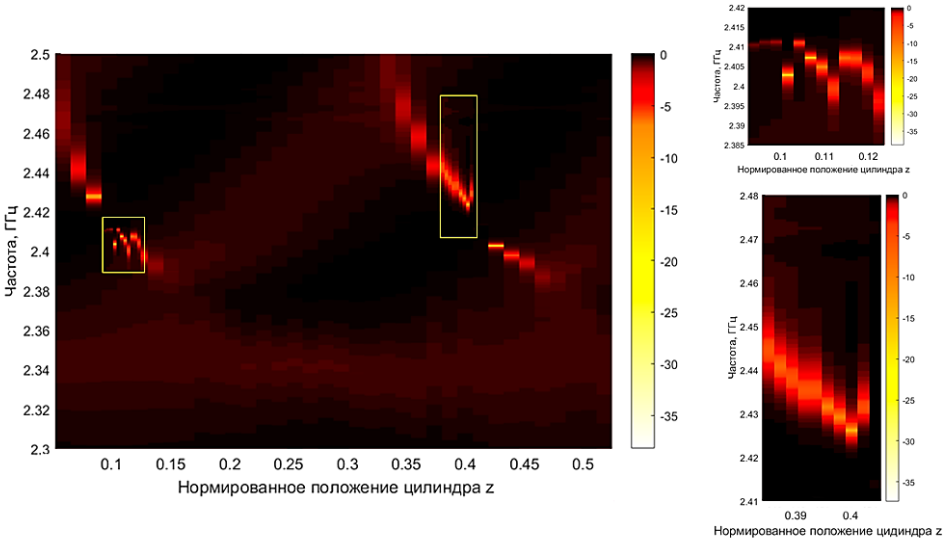


Рис. 4. Экспериментальная зависимость коэффициента отражения от положения цилиндра

Численные расчеты показали, что максимальная сила составляет 0,8 мкН при поданной в систему мощности в 1 Вт на частоте 2.4 ГГц. Стоит заметить, что сила является крайне малой и не может быть измерена многими классическими методами. Для ее измерения была предложена методика, подразумевающая создание высокодобротной системы с механическим резонансом на частоте порядка 1 Гц (рис. 5). Механические колебания со значительной амплитудой в такой системе могут возбуждаться даже незначительной периодически действующей силой. Таким образом, диск закрепляется на пружине; при подаче СВЧ амплитудно-модулированного сигнала с несущей частотой, равной резонансной частоте ЭМ системы, на диск будет действовать переменная сила. Она будет вынуждать колебания пружины, по амплитуде которых можно будет узнать величину силы. Для оценки амплитуды колебаний произведем расчёт этой механической системы, при воздействии на нее периодически малой силы, с учетом силы сопротивления воздуха. Амплитуда в резонансе будет равна:

$$A = \frac{F}{2m\gamma\omega_0} = \frac{F}{12\,\pi\eta r\omega_0},$$

где F = 0,8 мкН,
$\gamma = 6\pi\eta r/m$ – коэффициент сопротивление среды,
$\eta = 1{,}75\cdot10^{-5}$ кг/м,
r = 10 мм – радиус диска,
ω_0 = 1 Гц– собственная частота пружины.

Тогда амплитуда колебаний A = 4 мм, что экспериментально измеримо.

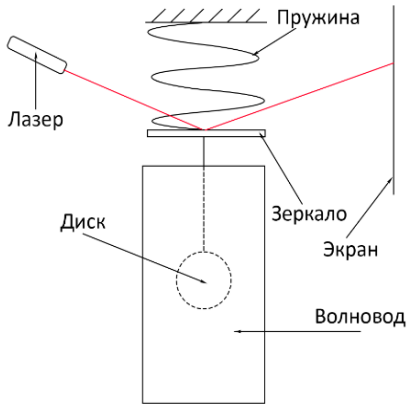


Рис. 5. Схема для измерения вынужденных колебаний пружины

В ходе работы было исследовано взаимодействие диэлектрического цилиндра и резонатора из волновода. Было проведено моделирование для нахождения оптимального положения цилиндра, в котором сила достигает своего максимального значения – 0,8 мкН. Была предложена методология фиксации малой силы с помощью измерения амплитуды вынужденных колебаний под действием периодически меняющегося поля. Экспериментально была подтверждена зависимость коэффициента отражения от положения цилиндра. В дальнейшем планируется проведение эксперимента по измерению силы.

Список использованных источников

1. Yonnet J.-P. Passive magnetic bearings with permanent magnets // IEEE Transactions on magnetics. 1978. Vol. 14. №. 5. Pp. 803–805.
2. Simon M.D., Geim A.K. Diamagnetic levitation: Flying frogs and floating magnets // Journal of applied physics. 2000. Vol. 87. №. 9. Pp. 6200–6204.
3. Polimeno P. et al. Optical tweezers and their applications // J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer, 1 Oct. 2018. Vol. 218. Pp. 131-50. DOI: 10.1016/j.jqsrt.2018.07.013.

УДК 535.8, 535.015

ОПТИМИЗАЦИЯ СПЕКТРАЛЬНОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ КВАНТОВЫХ КАНАЛОВ И ИНФОРМАЦИОННЫХ КАНАЛОВ ОПТИЧЕСКОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ

Тарабрина А.Д.*[1] *(студент)

***Научный руководитель – кандидат физико-математических наук Киселев Ф.Д.*[1]**

[1]*Университет ИТМО*

e-mail: adtarabrina@itmo.ru

Работа выполнена в рамках темы НИР №621317 «Фундаментальные и прикладные вопросы фотоники»

В работе рассмотрены способы поиска оптимального спектрального размещения информационных и квантовых каналов, которое позволяет увеличить производительность системы квантового распределения ключа за счет минимизации мощности нелинейных шумов, возникающих при совместном распространении квантовых и информационных каналов в одном оптическом волокне. Используемый алгоритм подходит для любых протоколов квантового распределения ключа, любого заданного числа информационных и квантовых каналов и различном шаге частотной сетки.

Ключевые слова

Квантовое распределение ключа, волоконно-оптические сети, мультиплексирование с разделением по длине волны, алгоритм имитации отжига, комбинаторная оптимизация, машинное обучение.

Системы квантового распределения ключа (КРК) приобретают всё большую популярность, поскольку они могут обеспечивать безопасность передачи информации, гарантированную фундаментальными законами физики [1]. Представленные на рынке коммерческие решения требуют выделения под КРК отдельного оптического волокна. Для этих нужд может быть задействовано темное волокно, уложенное в качестве резерва, однако его основное предназначение состоит в удовлетворении потребности увеличения пропускной способности сети. Прокладывать новое волокно дорого и часто невозможно. Интегрировать КРК в существующие оптические транспортные сети, позволяет применение технологии мультиплексирования каналов по длине волны (dense wavelength division multiplexing – DWDM). Тогда квантовые каналы распространяются в одном волокне с информационными. Вместе с тем это приводит к новым ограничениям. Присутствие мощных информационных каналов в одном волокне с квантовыми вызывает образование дополнительных шумов (спонтанного комбинационного рассеяния, четырехволнового смешения) [2], снижающих производительность и дальность действия систем КРК. Одним из способов контроля величины шумов является поиск оптимального расположения каналов в частотной сетке. Представленные на сегодняшний день методы поиска оптимального спектрального расположения каналов связаны с грубым перебором множества комбинаций. В данной работе для решения такой задачи предлагается использовать более эффективные методы.

Поиск оптимального расположения каналов

Производительность системы КРК при одновременном распространении квантовых и информационных каналов в одном оптическом волокне можно улучшить специальным образом размещая каналы на частотной сетке. Схемы размещения будем называть конфигурациями. Дело в том, что возникающее в волокне спонтанное комбинационное рассеяние (СКР) имеет широкополосный спектр с несколькими областями минимума сечения СКР. Конфигурации должны быть подобраны таким образом, чтобы максимально задействовать эти области минимума. С другой стороны, при уменьшении шага сетки увеличивается и становится сравним

с СКР вклад четырехволнового смешения (ЧВС), что можно увидеть по графику на рисунке 1. ЧВС порождает шумы на суммарных и разностных относительно информационных каналов частотах. Следует избегать размещения квантовых каналов в частотных слотах, совпадающих по частоте с шумовыми сигналами ЧВС. В результате необходимо комбинировать способы уменьшения влияния шумов СКР и ЧВС.

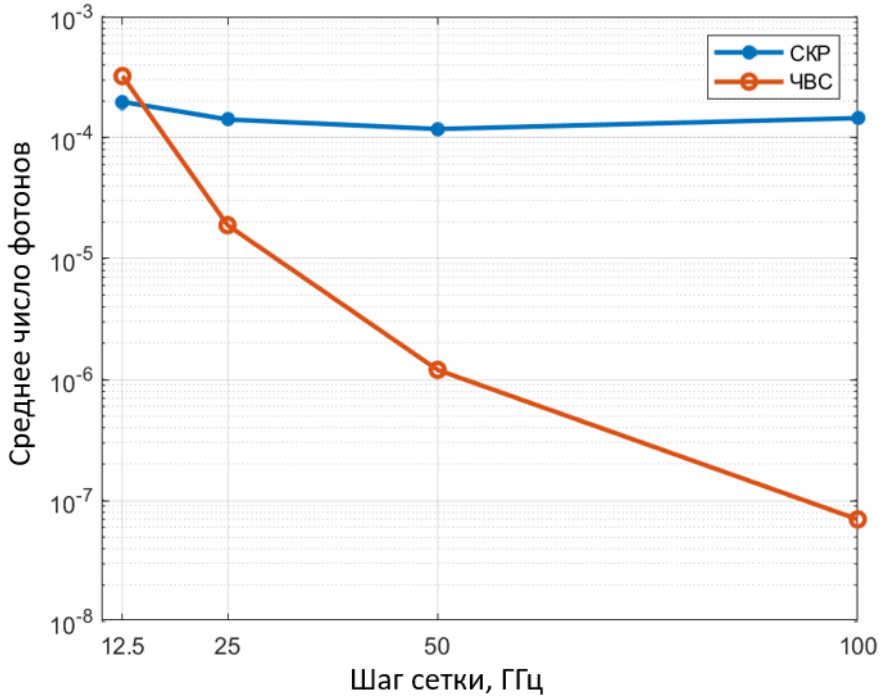


Рис. 1. Зависимость мощности шумов СКР и ЧВС от шага частотной сетки

Поиск оптимальных конфигураций может быть проведен грубым перебором; методом обоснованного предположения, то есть делая выводы, основываясь на известных зависимостях и закономерностях; с использованием приближенных алгоритмов (алгоритм имитации отжига). Самым новым методом является применение алгоритмов машинного обучения.

Метод полного перебора слишком ресурсоемок, хотя и дает самое точное решение. Применимость обоснованного предположения ограничена случаем поиска оптимальных конфигураций с единственным квантовым каналом. Далее рассмотрим получение с помощью алгоритма имитации отжига конфигураций, минимизирующих влияние шума на производительность КРК, при совместном распространении в одном волокне с информационными нескольких квантовых каналов.

Алгоритм имитации отжига

Алгоритм имитации отжига получил свое название от процесса отжига металлов, который происходит при постепенно понижающейся температуре. Он имеет вероятностный характер, что позволяет выходить из локальных минимумов и находить приближенное к глобальному минимуму значение заданной целевой функции. В данной работе для поиска конфигураций с несколькими квантовыми каналами, минимизирующих влияние шума на КРК, в качестве целевой функции выбрано среднее значение шума, соответствующего квантовым каналам. В данной работе алгоритм имитации отжига применяется следующим образом. Создается начальная конфигурация, вычисляется средняя мощность шума. Затем осуществляется переход к следующей конфигурации, а именно, случайный заполненный квантовый или информационный канал меняется местами со случайным пустым слотом. Снова вычисляется средняя мощность шума. Сравнивается значения целевой функции в предыдущей и новой конфигурациях. Если новой конфигурации соответствует меньшее значение, то такое решение принимается подходящим. В противном случае конфигурация с большей мощностью шумов может быть принята как подходящая с некоторой вероятностью. Эта вероятность зависит от

такого параметра, как заданная функция температуры, что является особенностью данного алгоритма. На начальных итерациях алгоритма эта вероятность высока вследствие высокой температуры, что позволяет выходить из локальных минимумов. В процессе оптимизации температура снижается, и эта вероятность стремится к нулю.

Для моделирования использовался С-диапазон (1530–1565 нм). Результаты работы алгоритма представлены на рисунках 2–5.

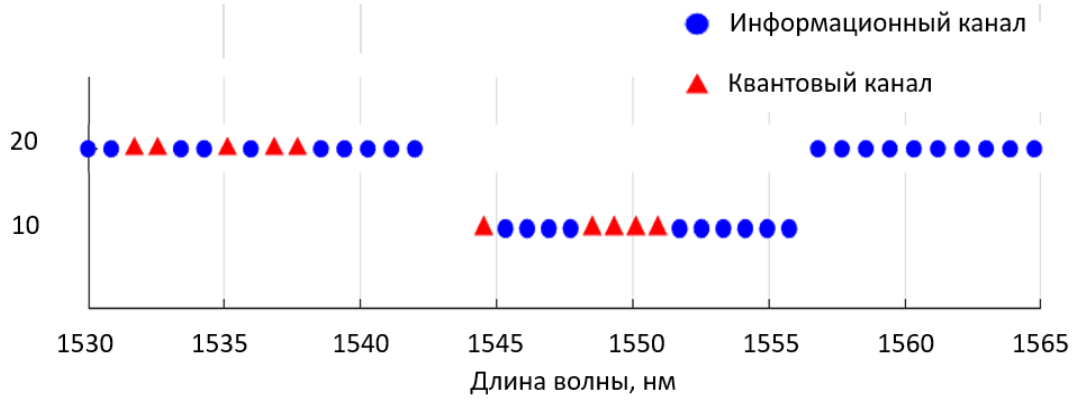


Рис. 2. Примеры вычисленных конфигураций для 5 квантовых совместно с 10 и 20 информационными каналами при шаге сетки 100 ГГц

Группы квантовых каналов расположены между группами информационных каналов.

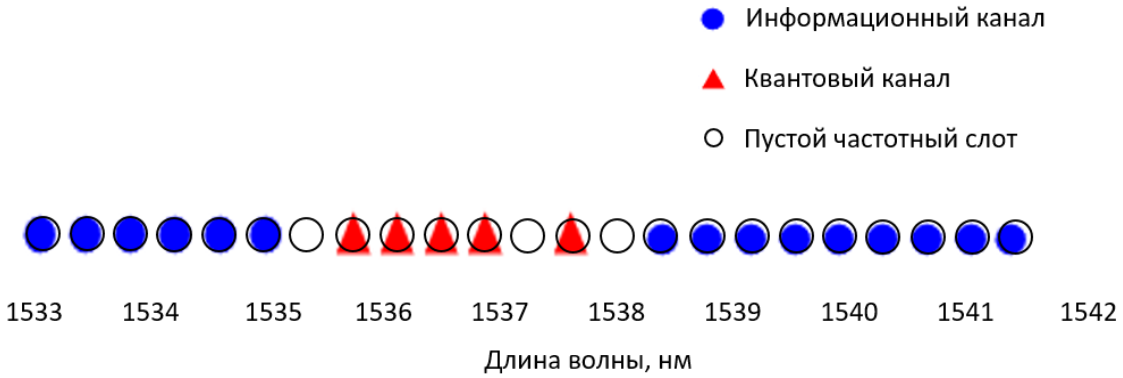


Рис. 3. Вычисленная конфигурация для 5 квантовых с 15 информационными каналами при шаге сетки 50 ГГц

Между группами и внутри групп информационных и квантовых каналов есть пустые слоты.

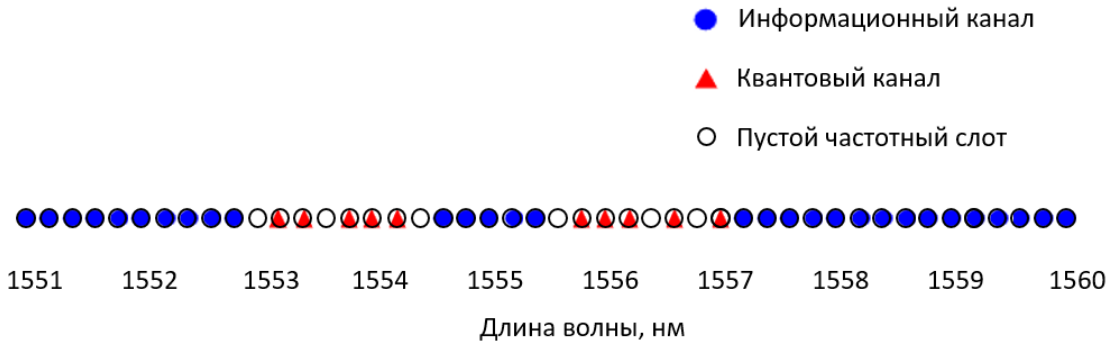


Рис. 4. Вычисленная конфигурация для 10 квантовых с 30 информационными каналами при шаге сетки 25 ГГц

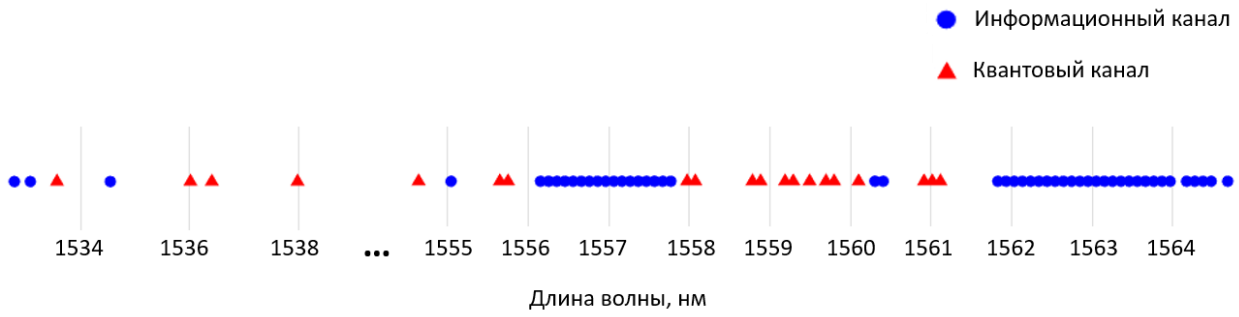


Рис. 5. Вычисленная конфигурация для 20 квантовых с 50 информационными каналами при шаге сетки 12,5 ГГц

При большом количестве каналов группы информационных и квантовых каналов размещаются отдельно от остальных каналов в начале С-диапазона.

Возможность использования машинного обучения для поиска конфигураций

Во многих областях в настоящее время активно используются технологии, связанные с машинным обучением. Далее рассмотрим возможность применения машинного обучения в задаче, которая решается в данной работе.

Число квантовых и информационных каналов, а также количество частотных слотов, на которых их можно расположить, конечны, поэтому рассматриваемую в данной работе задачу можно отнести к задачам комбинаторной оптимизации (КО). КО – это сложный класс задач оптимизации с дискретными переменными решения и конечным поиском. Многие КО относятся к классу NP-сложных задач оптимизации, которые требуют экспоненциального времени для оптимального решения.

В контексте применения машинного обучения к задаче поиска оптимальных конфигураций, которая относится к классу задач комбинаторной оптимизации, можно классифицировать используемые алгоритмы следующим образом [3]:

- обучение с учителем (Supervised Learning);
- обучение с подкреплением (Reinforcement Learning);
- глубокое обучение (Deep Learning).

На данный момент алгоритмы машинного обучения не показывают тотального превосходства над традиционными алгоритмами в приложении к задачам комбинаторной оптимизации.

Еще одним многообещающим подходом является комбинирование алгоритмов машинного обучения с существующими алгоритмами комбинаторной оптимизации (эвристиками). Это позволит извлечь выгоду из теоретических гарантий самых современных уже доступных алгоритмов. Эвристические алгоритмы широко используются для решения сложных задач оптимизации, особенно задач комбинаторной оптимизации. Для этих задач эвристики могут предоставить приемлемые решения за разумное время вычислений и, как результат, являются хорошей заменой точных алгоритмов. Ограничением здесь является то, что появляются дополнительные параметры, которые нужно динамически подстраивать, что может быть сделано с использованием машинного обучения [4]. Однако следует помнить о зависимости качества обучения от количества данных.

Изучение и анализ существующих публикаций склоняет к тому, чтобы сделать выбор в пользу комбинирования эвристических алгоритмов с машинным обучением, например, использовать нейросеть для подстройки функции температуры в алгоритме имитации отжига.

Получены конфигурации минимизирующие влияние шума на КРК при совместном распространении информационных и нескольких квантовых каналов в одном оптическом волокне при рассмотрении частотных сеток с шагом 100 ГГц, 50 ГГц, 25 ГГц и 12,5 ГГц. Работа алгоритма имитации отжига, при помощи которого ведется поиск конфигураций в данной работе, зависит от заданной так называемой функции температуры. В будущем интересно исследовать как повлияет на эффективность подбор этой функции алгоритмом машинного обучения.

Результаты данной работы могут быть использованы при построении интегрированных в существующую городскую волоконно-оптическую инфраструктуру, где длина пролетов не превышает десятков километров.

Список использованных источников

1. Bennett C.H., Brassard G. Quantum cryptography: public key distribution and coin tossing // Proc. IEEE Int. Conf. on Computers Systems and Signal Processing. 1984. Pp. 175–179.
2. Kiselev F., Veselkova N., Goncharov R., Egorov V. A theoretical study of subcarrier-wave quantum key distribution system integration with an optical transport network utilizing dense wavelength division multiplexing // Journal of Physics B: Atomic, Molecular and Optical Physics. 2021. Vol. 54. №. 13. P. 135502.
3. Bengio Y., Lodi A., Prouvost A. Machine learning for combinatorial optimization: a methodological tour d'horizon // European Journal of Operational Research. 2021. Vol. 290. №. 2. Pp. 405–421.
4. Karimi-Mamaghan M., Mohammadi M., Meyer P. et al. Machine learning at the service of meta-heuristics for solving combinatorial optimization problems: A state-of-the-art // European Journal of Operational Research. 2022. Vol. 296. №. 2. Pp. 393–422.

УДК 535.341

ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОПОРАЦИИ КОЖИ И АКТИВНОЙ ЛАЗЕРНОЙ ДОСТАВКИ ХЛОРИНСОДЕРЖАЩИХ ФОТОСЕНСИБИЛИЗИРУЮЩИХ ПРЕПАРАТОВ ИЗЛУЧЕНИЕМ С ДЛИНОЙ ВОЛНЫ 405 НМ

Шулакова Ю.В.*[1]** *(студент),* ***Беликов А.В.*[1],*
Козлова А.Д.*[1], **Минько В.С.*[1]** *(студент)*

***Научный руководитель – кандидат технических наук, ассистент Козлова А.Д.*[1]**

[1]*Университет ИТМО*

e-mail: yunashul@yandex.ru

Исследованы лазерная микропорация куриной кожи и активная лазерная доставка современного хлоринсодержащего фотосенсибилизирующего препарата «Chloderm» в куриную кожу для лечения грибковых заболеваний кожи с помощью лазерного излучения с длиной волны 405 нм. Получены зависимости скорости и эффективности абляции куриной кожи, а также зависимости скорости доставки препарата и массы препарата под куриную кожу от времени воздействия и мощности лазерного излучения. Максимальная скорость абляции составила 1680±200 мкм/с при мощности лазерного излучения P = 1.0 Вт и времени его воздействия t = 0.1 с, а эффективность абляции – 2±0.2 мкм/мДж при P = 0.8 Вт и t= 1 с. Максимальная скорость доставки препарата составила 1.1±0.1 мг/с при P = 1.0 Вт и времени воздействия t = 0.5 с.

Ключевые слова
Лазерная доставка лекарств, микропорация, абляция, куриная кожа, эффективность, микоз, хлоринсодержащий фотосенсибилизирующий препарат, длина волны.

Микозы — это грибковые поражения биотканей, вызванные патогенными грибками различных видов. Для лечения грибковых инфекций часто используются пероральные противогрибковые препараты, однако такая терапия может занимать продолжительное время и иметь риски, связанные с влиянием на печень и органы желудочно-кишечного тракта пациентов. По этой причине местная терапия является более предпочтительной, так как при применении местных препаратов отсутствуют побочные эффекты. Однако препараты, наносимые местно, плохо проникают через биоткани [1, 2]. Для повышения эффективности проникновения местных препаратов в биоткани возможно использование метода лазерной доставки препаратов, который обладает такими преимуществами, как минимальная инвазивность, безболезненность и локальность доставки. Данный метод перспективен для применения в дерматологии для лечения микозов и может быть использован для лечения других заболеваний кожи и ногтей, требующего локального воздействия препаратов на пораженные ткани.

Для микропорации кожи и доставки в неё препаратов можно использовать излучение лазера с длиной волны 405 нм, так как оно хорошо поглощается кератином, меланином и возбудителями микозов. Для эффективного лечения микозов может применяться хлоринсодержащий фотодинамический препарат "Chloderm", использующий трисмеглуминовую соль хлорина е6 как фотодинамический агент. Во время доставки препарата в биоткань важно не допустить трансформации его свойств. При облучении лазерным излучением с длиной волны 405 нм водного раствора "Chloderm" концентрации C = 5% не возникает эффектов, значительно изменяющих процесс доставки и терапевтических свойств препарата "Chloderm".

Ранее микропорация кожи и активная лазерная доставка препаратов в кожу с использованием излучения лазера с длиной волны 405 нм не исследовалась. В связи с этим

целью настоящей работы являлось *in vitro* исследование процесса лазерной микропорации кожи и активной лазерной доставки препарата «Chloderm» в кожу лазерным излучением с длиной волны 405 нм.

В исследовании использовались образцы биоткани, представляющие собой фрагменты куриной кожи (средняя толщина – 420 ± 20 мкм), очищенной от жировых отложений. Всего было исследовано 20 образцов биоткани.

Применялся метод последовательной микропорации биотканей и активной лазерной доставки лекарственного препарата под биоткань. Схема экспериментальной установки для последовательной лазерной микропорации и активной доставки лекарственного препарата в биоткань с использованием лазерной микропорации показана на рисунке 1 и аналогична схемам ранее описанными в работах [3].

Рис. 1. Схема экспериментальной установки для последовательной микропорации (а) и активной лазерной доставки (б) «Chloderm» под куриную кожу: 1 – лазер (λ = 405 нм); 2 – линза (F = 120 мм); 3 – фрагмент биоткани; 4 – бумажная подложка; 5 – стеклянная пластина; 6 – микрокювета; 7 – цифровой USB-микроскоп «DTX 50»; 8 – компьютер; 9 – хлоринсодержащий фотосенсибилизирующий препарат

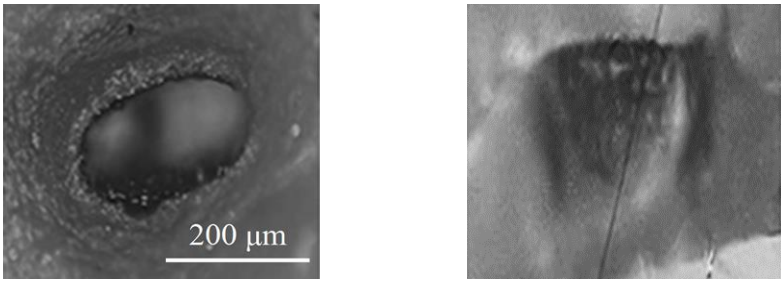
Перед лазерной доставкой препарата область лазерного воздействия ограничивалась микрокюветой, представляющую собой один или несколько слоёв клейкой ленты. Размеры микрокюветы составляли ~1.5x1.5 мм, а высота – 100 ± 10 мкм. На поверхности биоткани, ограниченной размерами микрокюветы и обращённой к лазеру, фокусировалось лазерное излучение, в результате воздействия которого биоткань подвергалась микропорации (рис. 2, а). Критерием для фиксации процесса микропорации служило возникновение карбонизированной области на бумажной подложке. Затем микрокювета заполнялась водным раствором препарата «Chloderm» (C = 5%), после чего раствор препарата подвергался воздействию лазерного излучения, в результате которого происходила доставка препарата под кожу (рис. 2, б). Критерием, по которому определялась доставка препарата, являлось изменение цвета бумажной подложки в области доставки. Фиксация процессов доставки и микропорации происходила с помощью цифрового USB-микроскопа «DTX 50».

При проведении эксперимента использовался непрерывно излучающий полупроводниковый InGaN лазер с длиной волны 405 нм. Диаметр лазерного пучка был равен 0.8 мм, а средняя мощность излучения составляла P = 0.5 Вт, 0.8 Вт и 1.0 Вт. При анализе полученных результатов для изучения микроотверстий и их продольных разрезов использовали микроскоп "Zeiss Axio Scope.A1" и программу "CorelDRAW Graphics Suite 2021", с помощью которых определяли диаметр и глубину полученных микропор.

Скорость абляции определялась, как отношение глубины кратера в коже ко времени действия лазерного излучения, а эффективность абляции определялась, как отношение глубины кратера в биоткани к энергии лазерного излучения, необходимой для его создания. Масса ($PM_{Chloderm}$) доставленного фотосенсибилизирующего препарата определялась, как разность масс бумажных подложек до и после активной доставки, а скорость ($V_{Chloderm}$) доставки

препарата определялась, как отношение массы доставленного препарата ко времени воздействия лазерного излучения, необходимого для доставки препарата [3].

Внешний вид микроотверстия на куриной коже, полученного с помощью лазерного излучения с длиной волны 405 нм, показан на рисунке 2.

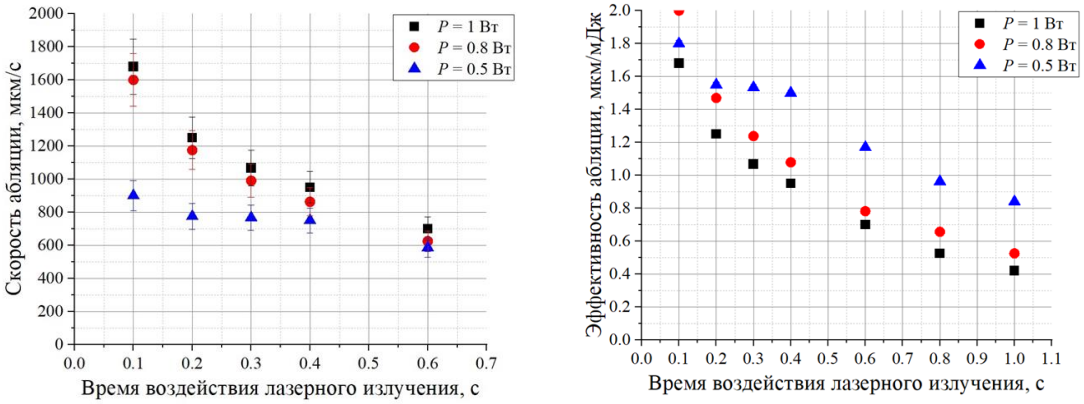


а б

Рис. 2. Внешний вид куриной кожи, микропорированной лазерным излучением с длиной волны 405 нм: фото куриной кожи с микропорой сверху (а) и фото её продольного разреза с микропорой (б) (P = 1 Вт, t = 0.2 с)

Изображения, представленные на рисунке 2, показывает, что с помощью лазерного излучения с длиной волны 405 нм можно получить сквозную микропору с диаметром порядка 200 – 250 мкм.

Зависимости скорости и эффективности абляции куриной кожи от времени лазерного воздействия с длиной волны 405 нм при различной средней мощности лазерного излучения показаны на рисунке 3.

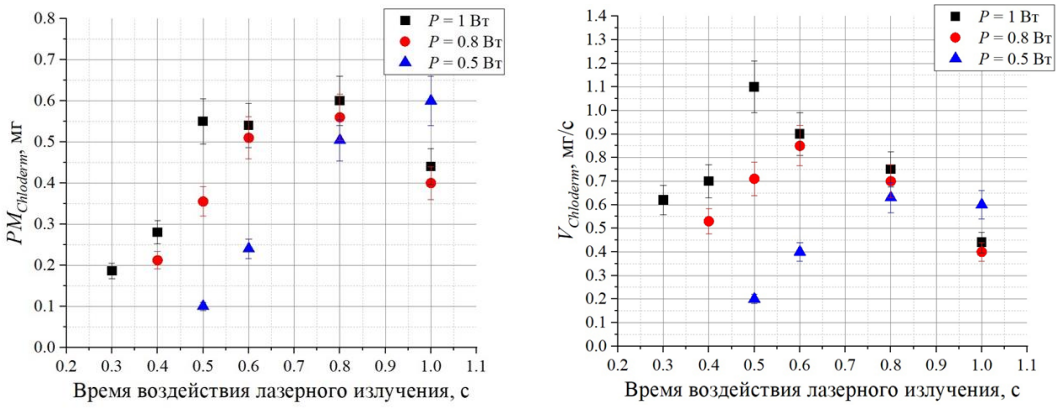


а б

Рис. 3. Зависимости скорости (а) и эффективности (б) абляции куриной кожи от времени воздействия лазерного излучения с длиной волны 405 нм и различной средней мощностью

На графике можно увидеть, что наибольшая величина скорости и эффективности абляции достигается при времени лазерного воздействия 0.1 с. При времени воздействия лазерным излучением, большем 0.1 с, значения скорости и эффективности абляции уменьшаются. Это можно объяснить тем, что при удалении дна микропоры от плоскости перетяжки лазерного пучка происходит уменьшение значения плотности излучения, доставляемой на дно микропоры. Также во время микропорации происходит накопление продуктов абляции, поглощающих излучение, внутри микроотверстия, что также может приводить к уменьшению скорости и эффективности абляции биоткани. Максимальная скорость абляции куриной кожи излучением с длиной волны 405 нм составила 1680 ± 200 мкм/с при P = 1.0 Вт, t = 0.1 с, а эффективность абляции – 2 ± 0.2 мкм/мДж при P = 0.8 Вт, t = 0.1 с.

Ниже представлены зависимости массы доставленного водного раствора «Chloderm» (C = 5%) и скорости его доставки под кожу.



а б

Рис. 4. Зависимости массы PMChloderm (а) и скорости (VChloderm) активной лазерной доставки (б) водного раствора “Chloderm” (C = 5%) в куриную кожу от средней мощности и времени воздействия лазерного излучения с длиной волны 405 нм

Согласно рисунку 4, максимальные масса $PM_{Chloderm}$ = 0.6 ± 0.05 мг и скорость доставки препарата $V_{Chloderm}$ = 1.1 ± 0.1 мг/с в куриную кожу были получены при режимах облучения P = 1.0 Вт и t = 0.8 с и P = 1.0 Вт и t = 0.5 с, соответственно. Минимальное время, необходимое для активной лазерной доставки препарата в куриную кожу, составило t = 0.3 с при P = 1.0 Вт. Из рисунка 4,а видно, что при увеличении времени воздействия лазерного излучения масса доставленного препарата увеличивается, достигая максимальных значений при мощностях 0.8 и 1 Вт, а затем убывает. Также из рисунка 4, б видно, что по мере увеличения времени воздействия лазерного излучения скорость доставки вначале возрастает, достигая максимальных значений, а затем убывает. Рост массы доставленного препарата и скорости его доставки может быть связан с увеличением количества энергии лазерного излучения, воздействующего на препарат. Дальнейшее уменьшение массы доставленного препарата и скорости его доставки может быть связано с возникновением в растворе препарата парогазовых полостей, вызванным действием лазерного излучения, ослаблением поглощения препарата на длине волны лазерного излучения и частичным разлетом капель препарата [3] за счёт возникновения данного явления.

В данной работе *in vitro* были исследованы последовательная микропорация куриной кожи и активная лазерная доставка хлоринсодержащего препарата «Chloderm» после его нанесения на поверхность микропорированной кожи при помощи лазерного излучения с длиной волны 405 ± 5 нм. Определены скорость и эффективность абляции куриной кожи излучением непрерывного InGaN лазера с длиной волны 405 ± 5 нм. Максимальная скорость абляции составила 1680 ± 200 мкм/с при мощности лазерного излучения P = 1.0 Вт и времени его воздействия t = 0.1 с, а эффективность абляции – 2 ± 0.2 мкм/мДж при P = 0.8 Вт и t = 1 с. Максимальная скорость доставки препарата составила 1.1 ± 0.1 мг/с и была получена при P = 1.0 Вт и времени воздействия t = 0.5 с.

Список использованных источников

1. Rich P., Scher R.K. An atlas of diseases of the nail. – CRC Press. 2003. 136 p.
2. Elewski B.E. Onychomycosis: treatment, quality of life, and economic issues. //American journal of clinical dermatology. 2000. Т. 1. С. 19–26.
3. Беликов А.В., Федорова Ю.В., Козлова А.Д., Смирнов С.Н. Лазерная доставка и спектральное исследование современного хлоринсодержащего препарата для лечения онихомикоза при лазерном воздействии с длиной волны 450 nm // Оптика и спектроскопия. 2022. Т. 130. №. 6. С. 872–881.

Трансляционные информационные технологии

УДК 711.1;624.042.41

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЕТРА НА ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОБЩЕСТВЕННЫХ ПРОСТРАНСТВ

Алексеевская А.А.[1] *(студент)*

Научный руководитель – кандидат социологических наук, доцент Недосека Е.В.[1]

[1]*Университет ИТМО*

e-mail: aa.alexeevskaya@gmail.com

Статья посвящена изучению влияния ветра на опыт использования общественных пространств. Проведен анализ объекта: измерена скорость ветра, построена CFD-модель движения воздушных потоков, опрошены пользователи. Сопоставлено субъективное восприятие с фактической скорость ветра, получен диапазон комфортных значений скорости ветра. Обоснована необходимость разработки рекомендаций по регулированию скорости движения воздуха внутри проектируемых в рамках проекта планировки территории общественных пространств.

Ключевые слова
Общественное пространство, опыт использования, проект планировки территории, скорость ветра, социологический опрос, компьютерное моделирование, CFD -анализ.

В эпоху активно распространяющегося городского образа жизни возможность времяпрепровождения человека на территории открытых общественных пространств особенно ценна. Каждый из нас является пользователем общественных пространств и регулярно сталкивается с проблемой сильного ветра. Сильный ветер причиняет нам дискомфорт и стимулирует сократить время использования этого пространства или побуждает вовсе отказаться от него, перейти в помещение, где ветер не создает помех. Формируется тенденция перехода от открытых общественных пространств к закрытым, люди все чаще предпочитают проведение досуга в торгово-развлекательных комплексах [1]. Иными словами, в условиях нынешней уплотнительной застройки и повышения этажности зданий на территории Российской федерации [2], одним из ключевых факторов, оказывающих влияния на опыт использования общественного пространства, является ветер. На территории открытого общественного пространства на человека воздействует ряд объективных и субъективных факторов, которые определяют комфорт, безопасность и продолжительность пребывания в данном месте [3]. На сегодняшний день параметры окружающей среды города в целом, и ветрового режима территории в частности, не регламентируются в Российском законодательстве. В результате, в условиях современного строительства создается неблагоприятная и опасная среда для времяпрепровождения на территории отрытых общественных пространств. Проблема неблагоприятной ветровой среды сегодня обусловлена отсутствием нормативов, редким применением в отечественной градостроительной практике литературы по учету ветрового режима территорий и проведением инженерных изысканий в обобщенном виде для большого масштаба территории, без учета застройки [4]. Чтобы проанализировать данную проблему, необходима оценка влияния ветра на пользователей общественных пространств.

Для оценки влияния ветра на опыт использования общественных пространств проводится исследование, в рамках которого рассматривается территория общественных пространств в нескольких районах Санкт-Петербурга. При различных ветровых режимах и характеру застройки отбираются общественные пространства в современных жилых кварталах, реализованных по проектах планировки территории [5].

Для исследования были выбраны три квартала:

1. Жилой квартал в сером поясе.
2. Жилой квартал на периферии города.
3. Жилой квартал у залива.

Каждый из кварталов имеет свои характеристики ветровой ситуации в разных частях города. Для их сравнения принимается один вид общественного пространства. Так как основным открытым общественным пространством в современной жилой застройке является двор, во всех трех случаях будут рассмотрены жилые дворы схожих геометрических параметров. В данном статье на примере первого жилого квартала в сером поясе будут продемонстрированы результаты исследования.

В рамках исследования была разработана методика оценки влияния ветра на опыт использования общественных пространств.

Методика включает в себя:

1. Выбор территории исследования.
2. Проведение измерений.
3. Опрос пользователей.
4. Компьютерное моделирование.

В качестве территории исследования в квартале серого пояса был выбран жилой двор, расположенный в ЖК «София» во Фрунзенском районе муниципального образования №75 города Санкт-Петербург, реализованный в рамках проекта планировки и межевания территории в период с 2011 по 2018 год. Проект планировки с проектом межевания территории N 1287, ограниченной улицей Бухарестской, Южным шоссе, улицей Софийской и улицей Димитрова утвержден постановлением правительства Санкт-Петербурга 23 сентября 2010 года. В рамках документации по планировке территории была размежевана территория на участки под: жилое строительство, на котором сейчас расположен ЖК «София», коммерческие объекты, связанные и не связанный с проживанием населения, гаражи и автостоянки разного типа, трансформаторные подстанции, объекты связи и транспорта. На территории ЖК «София» до 2008 года располагался Государственный кирпичный завод № 4.

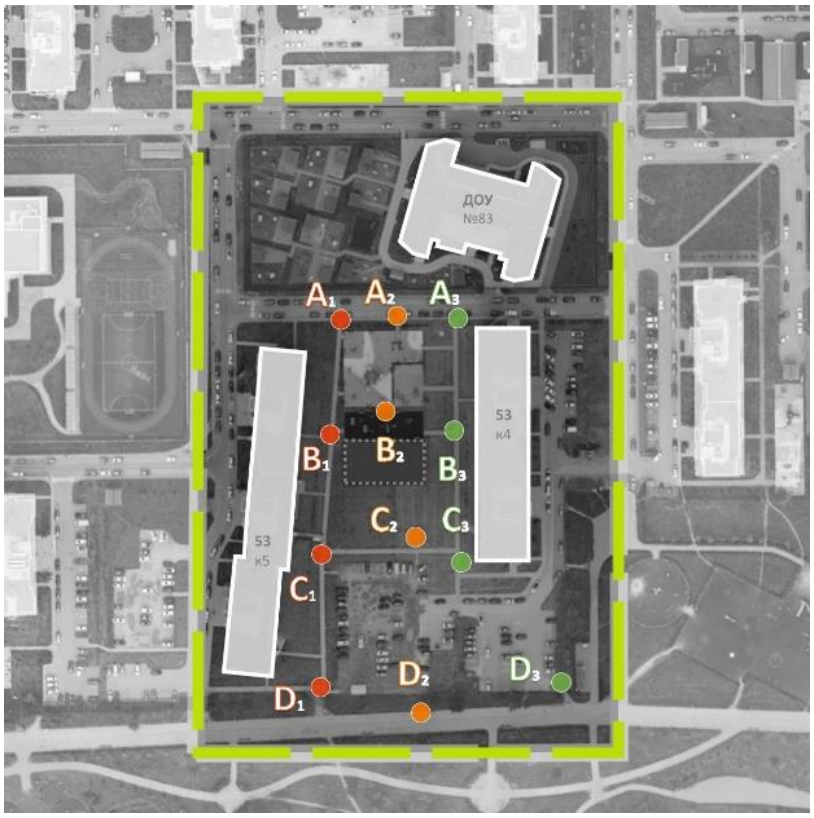


Рис. 1. Схема расположения точек измерения на территории исследуемого объекта – жилого двора в ЖК «София»

В результате анализа квартала путем выезда на объект было выбрано наиболее разнообразное и крупное общественное пространство - жилой двор, расположенный в южной части посередине жилого квартала, имеющее на своей территории как открытые участки с наиболее сильным ветром, так и зоны с крупными ветровыми тенями. Для исследуемой территории были произведены измерения скоростей ветра по всей площади двора. Схема сетки точек измерений для исследуемого общественного пространства продемонстрирована на рисунке 1. Выявлены точки с максимальными, минимальными и средними скоростями ветра. Точка А3, с минимальной зарегистрированной скоростью ветра, которая в среднем составила 2 м/с, точка В2 со средней скоростью движения воздуха 4.5 м/с, что является средним показателем для данного общественного пространства, и точка С3, наибольшая, где зафиксировано скорость движения воздуха в исследуемом общественном пространстве – 6.9м/с.

Далее, в точках с характерными значениями скоростей ветра, был произведен опрос пользователей. Результаты социологического опроса представлены на рисунке 2.

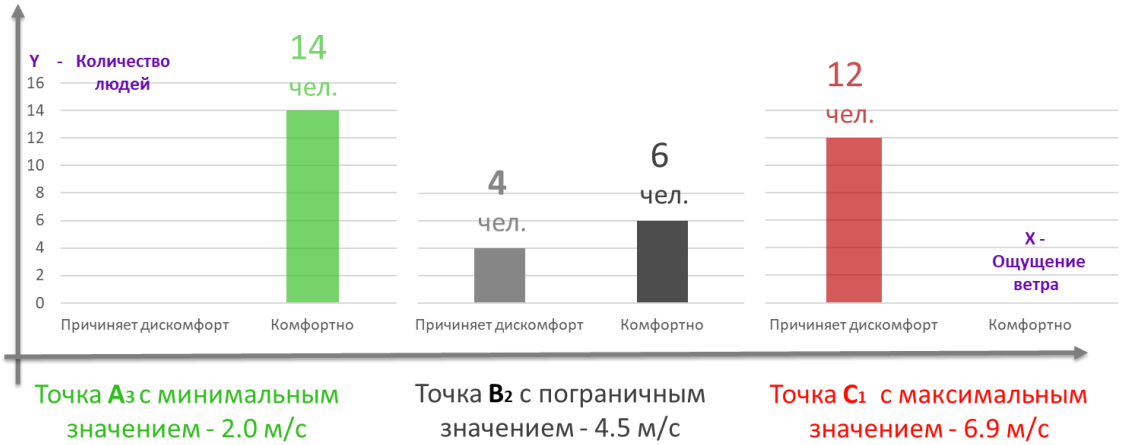


Рис. 2. Сводная столбчатая диаграмма сравнения данных социологического опроса в характерных точках исследуемого пространства

Точка А3 – с низкой скоростью ветра. Расположена на тротуаре вдоль детской площадки, у одного из входов на эту площадку. Всего опрошено 14 человек. Из них 12 отметили ветер в данном месте как не несущий дискомфорт и не оказывающий влияния на время пребывания в ОП. Два респондента отметили, что если бы ветра не было совсем, то вероятно провели бы больше времени на площадке.

Точка В2 – со средней скоростью ветра. Расположена непосредственно на детской площадке, рядом с детской горкой и скамейками. Всего опрошено 10 человек. Из них 6 отметили, что такая скорость ветра не причиняет дискомфорта, однако оказывает существенное влияние на время нахождения во дворе. Другие опрошенные сочли такую скорость ветра некомфортной и выразили желание не задерживаться в этом месте надолго. Все 10 опрошенный людей в данной точке однозначно согласились с утверждением, что при меньшей силе ветра проводили бы на площадке больше времени.

Точка С3 – с самой высокой скоростью ветра. Расположена на тротуаре, на маршруте от парковки к парадным. Всего опрошено 12 человек. Отдельно стоит отметить, что 7 человек отказались давать интервью, мотивировав свой отказ нежеланием останавливаться в данном месте из-за сильного ветра. Все 12 опрошенных однозначно сказали, что ветер причиняет сильный дискомфорт, вызывает желание как можно скорее покинуть это место. Так же все опрошенные согласились с тем, что снижение скорости ветра в этом месте положительно отразится на времени их пребывания в ОП.

Во время проведения измерений скорости ветра так же проводилось наблюдение, как используется ОП пользователями. Отдельные люди пересекали заветренные участки и останавливались вблизи точки А3 чтобы заглянуть в экран телефонов или осуществить звонок. Скамейки на детской площадке, расположенные между точками А1 и В1, где скорость ветра

превышает 6 метров в секунду, не используются посетителями ОП, однако остальные скамьи вблизи точек А3 и В3 были заняты. Трое жильцов из близлежащих домов, опрошенных в ходе проведения измерений сообщили, что предпочитают гулять с детьми в парке и на других детских площадках, поскольку на данной площадке всегда ветрено, и дети часто простужаются при игре на ней.

Для интерпретации значений как фактических измерений скорости движения воздуха, так и для компьютерного моделирования ветрового режима были выявлены комфортные диапазоны значений для пребывания пользователей общественных пространств в зимнее время года. Исходя из полученных данных установлено, что комфортное значение скорости ветра – не более 4.5 м/с.

Встает вопрос: можно ли заранее спрогнозировать наличие сильного ветра внутри общественного пространства? В качестве проверки состоятельности прогнозирования компьютерного моделирования ветрового режима общественного пространства, была построена твердотельная модель и произведен CFD-анализ по методу конечных элементов исследуемого общественного пространства. Параметры ветра: скорость на границе общественного пространства с наветренной стороны и направление ветра были взяты из экспериментальных данных. Итогом моделирования фактического измерения для исследуемого объекта ситуации ветрового режима по средним значениям замеров стала схема движения воздушных потоков при северном направлении ветра со скоростью 5,0 м/с на высоте около 1,5 м представлена на рисунке 3. Распределение скоростей воздушных потоков по высоте и формируемые тени от зданий общественного назначения, также от объектов малых архитектурных форм и автомобилей продемонстрированы в аксонометрическом диагональном сечении проведенному параллельно продольной стороне жилого здания, отображенном на рисунке 4.

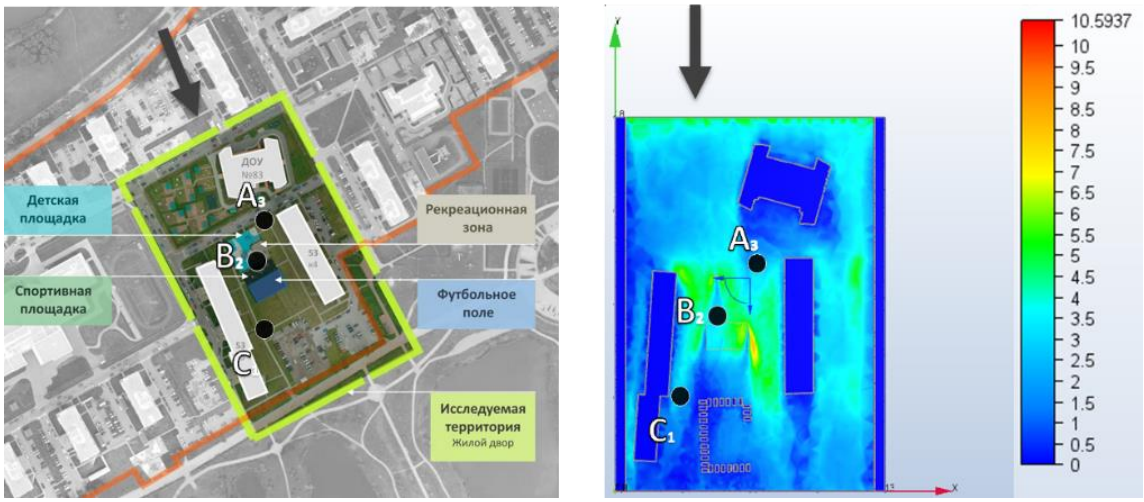


Рис. 3. Проекция плана модели движения воздушных потоков

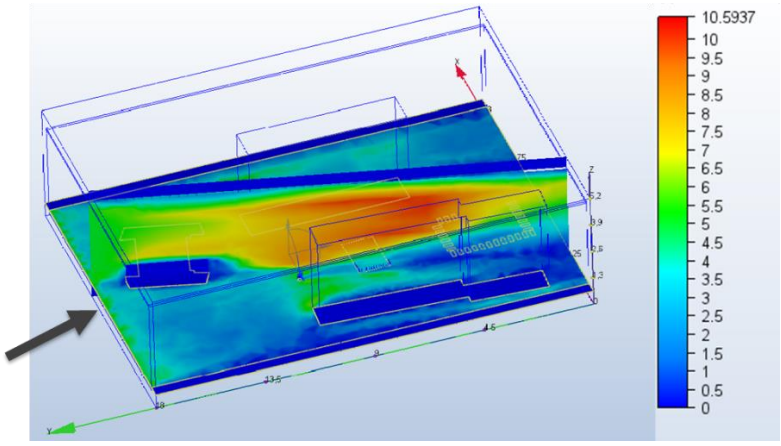


Рис. 4. Аксонометрическое представление с диагональным сечением модели движения воздушных потоков

Результаты моделирования в целом схожи с данными, полученными в ходе измерений. Следовательно, CFD-анализ может применяться для обнаружения повышенных скоростей ветра еще на стадии проектирования общественного пространства, чтобы своевременно принять меры к их устранению. Возможным решением проблемы может стать создание рекомендаций по учету ветрового режима на территориях открытых общественных пространств, которые будут разработаны на основе данных об их использовании, измерений параметров ветра и с применением методов компьютерного моделирования с целью улучшения их опыта использования.

Список использованных источников

1. Ольденбург Р. Третье место: кафе, кофейни, книжные магазины, бары, салоны красоты и другие места "тусовок" как фундамент сообщества / Рэй Ольденбург; [пер. с англ. А. Широкановой]. – Москва: Новое литературное обозрение. 2014. 454 с.
2. Бологов И.С., Гамаюнова О.С. Проблемы уплотнительной застройки в Санкт-Петербурге // Строительство и техногенная безопасность. 2021. №. 22(74). С. 15–28.
3. Серебровский Ф.Л., Аэрация жилой застройки [Текст] / Ф.Л. Серебровский, канд. архитектуры, доц. – Москва: Стройиздат. 1971. 112 с.
4. Ананченко А.Ю. Правовое и нормативно-техническое обеспечение градостроительной деятельности: Учебное пособие / А.Ю. Ананченко, – СПб. 2020. 170 с.
5. Руководство по оценке и регулированию ветрового режима жилой застройки /ЦНИИП градостроительства. – М.: Стройиздат. 1986. 59 с.

УДК 565.02

АНАЛИЗ ОПЫТА ПРИМЕНЕНИЯ СОУЧАСТВУЮЩЕГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ В ПЛАНИРОВАНИИ СИСТЕМ ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА

Бумагин Д.Г.*[1] *(студент)

***Научный руководитель – ассистент Соловьева В.В.*[1]**

[1]*Университет ИТМО*

e-mail: bumagin2000@inbox.ru

В работе рассмотрены примеры применения соучаствующего проектирования при планировании систем общественного транспорта. Были проанализированы отечественные и зарубежные практики применения данного механизма, основные эффекты от соучаствующего проектирования в сфере городской мобильности, а также выявлены перспективы применения данного метода при планировании систем общественного транспорта.

Ключевые слова
Транспортное планирование, соучаствующее проектирование, вовлечение горожан, общественный транспорт, городская мобильность, городская антропология.

В настоящее время, как в мире, так и в России, при реализации городских проектов очень важным считается процесс выстраивания диалога между всеми заинтересованными сторонами. Соучаствующее проектирование – это один из методов взаимодействия и общения государственных структур с гражданами. Данный метод не нов и уже зарекомендовал себя как эффективный инструмент в проектировании, который позволяет учесть мнения, желания и потребности всех заинтересованных при реализации того или иного проекта сторон: власти, проектной организации, жителей города и других стейкхолдеров. Однако, возможность применения данного метода в транспортном планировании до сих вызывает споры.

В ходе работы проводились интервью и консультации со специалистами в области транспортного планирования и урбанистики, а также с разработчиками проектов планировок территорий для линейных объектов. По результатам диалога с ними удалось выяснить, что ситуация неоднозначная и мнения экспертов разделились. Часть урбанистов и транспортных инженеров считают, что транспортная сфера очень сложная и требует работы исключительно профессионалов. Другие специалисты говорят обратное – что только при вовлечении горожан в проекты транспортного планирования можно добиться положительных результатов. Стоит отметить тот факт, что на данный момент практики применения механизмов соучаствующего проектирования в транспортном планировании в России сведены к минимуму.

Повышенная городская мобильность людей — один из главных факторов существования современного большого города или агломерации. Среда города не статична, она пронизана потоками движения, которые обеспечивают её связность, это нужно брать во внимание при городском проектировании, так как от того, как хорошо развиты возможности перемещаться внутри города и агломерации, зависит как социально-экономическое развитие данного города, так и социальное самочувствие жителей. Как правило, городские планы современных городов схожи по своим целям: повышение экономической эффективности города, социальное равенство, удобство городской среды для жизни, забота об окружающей среде. Чтобы удовлетворять потребности, город должен обращаться к своим горожанам, вовлекая их в городское планирование. Именно поэтому сейчас, когда жизнь множества горожан отличает высокая интенсивность передвижений, в центре внимания многих исследователей должны оказаться проблемы мобильности и транспорта.

Таким образом, применение механизма соучаствующего проектирования в планировании систем общественного транспорта актуально как с точки зрения городской социологии и антропологии – как инструмент вовлечения жителей в жизнь города и реализации их социальных потребностей как горожан, так и с точки зрения эффективности транспортного планирования в городах в целом.

Для анализа опыта применения соучаствующего проектирования в транспортном планировании необходимо рассмотреть имеющиеся на сегодняшний день международные и отечественные примеры реализации данного механизма.

Во втором десятилетии двадцатого века, в соответствии с потребностями рассмотренными выше, было проведено исследование, основанное на нескольких годах проектного сотрудничества между восемью европейскими столичными регионами: Любляна (Словения), Осло (Норвегия), Гетеборг (Швеция), Хельсинки (Финляндия), Будапешт (Венгрия), Рим (Италия), Порту (Португалия) и Барселона (Испания) [1]. Они при подготовке концепции проекта определили соучаствующее транспортное планирование как важную проблему в области транспорта и мобильности. Особое внимание было уделено планированию транспорта на основе участия, поскольку транспорт и мобильность сильно влияют на повседневную жизнь человека. Поэтому участие жителей конкретного города является ключевым. Ведь у них есть большой опыт использования транспортной инфраструктуры и общественного транспорта. Это означает, что именно они предоставляют знания, основанные на опыте, и, располагая такими знаниями и необходимыми компетенциями, могут предложить эффективные решения.

Методология, используемая в данной практике, основана на следующих шагах:

1. Анализ сильных и слабых сторон, а также потребностей, связанных с транспортным планированием в отдельных столичных регионах. Подготовленный опросник был заполнен представителями городов в основном из ведомств, отвечающих за транспортное планирование.
2. Углубленный опросник о предполагаемых проблемах в транспортном планировании на основе участия, заполненный экспертами из каждого столичного региона либо теми, кто, отвечает за транспортное планирование в отдельном регионе, либо внешними экспертами, которые хорошо знакомы с ситуацией в конкретном городе.
3. Международный семинар с участием представителей городов-участников, в том числе из ведомств, отвечающих за транспортное планирование и экспертов.
4. Оценка и обсуждение результатов руководителем проекта.

Анализ сильных и слабых сторон, а также потребностей, подчеркнул важность совместного транспортного планирования, о чем свидетельствуют данные из всех 8 регионов. Однако, оказалось, что скандинавские столичные регионы обладают гораздо большим опытом в фактическом внедрении процесса участия граждан в жизни города. Все три скандинавских мегаполиса: Осло, Гетеборг и Хельсинки имеют более давнюю традицию планирования с участием всех заинтересованных сторон. Механизм соучаствующего проектирования хорошо зарекомендовал себя за счёт привлечения ключевых заинтересованных сторон и целевых групп, что отражается в их большей осведомленности, большем доверии к открытому и доступному управлению и большей объективности взглядов на возникающие в процессе проектирования сложности. Это объясняется тем, что любой, кто интересуется этим вопросом, также знаком с противоположными точками зрения.

Для пяти других городов-участников типично формальное определение соучаствующего планирования в соответствии с местным законодательством. В данных странах совместное планирование, как правило, проявляется в форме публичных слушаний, специальных онлайн-инструментов для получения обратной связи и для опроса мнений.

Несмотря на различный опыт соучаствующего транспортного проектирования в городах-участниках, есть важная особенность, которая их объединяет. А именно то, что соучаствующее проектирование по-прежнему имеет гораздо больший потенциал для использования, являясь, фактически, зарождающимся трендом в транспортной отрасли. Однако, ответственные учреждения редко используют данный механизм в большем объеме, чем это предусмотрено

минимальными требованиями законов. Это часто происходит слишком поздно и в ненужный момент – в процессе проектирования детальных проектных решений. Кроме того, часто встречается практика использования этого механизма, данного законом, скорее для предоставления информации, а не для фактического привлечения и вовлечения общественности, как это происходит с публичными слушаниями по проектам планировок территории в России. Такие действия не противоречат законодательным нормам, но и не имеют практической пользы и значимости ни для проектировщиков, ни для жителей города, ни для городской администрации.

Участники семинара рассматривали жителей городов не в роли планировщиков, а в качестве активной группы, обладающей практическими знаниями в области общественного транспорта и транспортной инфраструктуры города. Ведь горожане являются её активными пользователями ежедневно. Их знания и наблюдения могут существенно повлиять на качество принимаемых решений и планов. Из-за растущей потребности в участии жителей, время которых, как правило, ограничено, важно не слишком загружать и обременять горожан, и самое главное представить им преимущества участия.

В данном исследовании участие жителей городов реализовывалось, в первую очередь, посредством опросов, целью которых было оценить перспективы, возможности и желание горожан участвовать в процессе транспортного проектирования. Также был произведён срез мнений по имеющейся транспортной ситуации в городе. Кроме того, жители могли присоединяться к проектным сессиям и обсуждениям с экспертами.

Одним из наиболее знаменитых практических примеров применения соучастного проектирования в планировании сетей общественного транспорта является реновация автобусной сети Дублина (Ирландия) [2].

Компания NTA совместно с компанией JWA провели серию семинаров с представителями различных социальных слоёв города Дублина. Участниками стали местные жители, власти и другие заинтересованные стороны. Основная задача на начальном этапе была установить принципы и цели автобусной сети Дублина. На основе результатов этих семинаров были проведены консультации с общественностью по общим принципам проектирования автобусной сети. В этих консультациях приняли участие 11 000 человек. Консультации проходили с использованием современных цифровых технологий, а также технологий электронного участия. Стоит отметить, что 81% согласились с тем, что разумно попросить людей пересесть на автобус, если это означает, что они быстрее доберутся до места назначения. Лишь после этого NTA приступило к редизайну сети на основе отзывов представителей общественности Дублина, которые были получены в результате консультаций.

Далее, в июле 2017 года команда BusConnects, состоящая из сотрудников NTA, JWA, Dublin Bus и представителей местных органов власти провела двухнедельный интенсив с целью создания предварительного проекта автобусной сети. Проект сети был разработан совместно с целью достижения 80-процентного согласия по основным маршрутам автобусов.

В июле 2018 года проект сети общественного транспорта Дублина был опубликован и выпущен на 12-недельный период обсуждений. Консультации включали 33 общественных слушания, прямую связь с политиками и заинтересованными сторонами, а также телефонные консультации и электронную переписку с общественностью.

Данный процесс позволил решить сразу несколько задач: во-первых, привлечь к этому проекту широкую общественность, поскольку было ясно, что масштаб изменений потребует обратной связи со всем городом и со всеми слоями населения; во-вторых, получить отзывы о концептуальных предложениях, особенно в отношении того, как сеть повлияет на ежедневные маршруты поездок и удобство новых и существующих пользователей автобусов, а также, какие вопросы необходимо решить, чтобы сделать предложения более полезными.

В общей сложности команда BusConnects получила и обработала почти 28 000 комментариев. Авторы отмечают, что сопоставление и обобщение этого объема информации по соответствующим вопросам реконструкции сети общественного транспорта было непростой задачей, но решающее значение для процесса проектирования имело

обеспечение того, чтобы взгляды и проблемы людей, перемещающихся на общественном транспорте, были центральными в новой автобусной сети. Отмечается, что команда BusConnects приняла во внимание проблемы, возникающие как в отношении концепции сети в целом, так и в отношении конкретных областей, и тщательно рассмотрела их в процессе реконструкции. Ключевой задачей было повышение уровня прямого обслуживания без нарушения целостности маршрутной сети. Также было важно удовлетворить потребность в быстрых и надежных пригородных услугах, в достаточной пропускной способности, особенно в периоды пиковой нагрузки. К концу 2022 года проект находится на завершающем этапе.

Как уже было сказано, соучаствующее проектирование в транспортном планировании – новый, развивающийся тренд. И если в европейских странах можно говорить о конкретных случаях, и даже результатах применения данного механизма в сфере транспорта, то в российском опыте подобных случаев не так много. В данной работе не будут рассмотрены вышеупомянутые механизмы вовлечения, такие как ограниченный срез общественного мнения и публичные слушания при утверждении проекта планировок территорий, так как их применение в сравнении с успешными практиками вовлечения горожан, рассмотренными ранее, не является достаточно эффективным.

Отечественный пример соучаствующего проектирования в транспортной области - оптимизация маршрутной сети общественного транспорта в Иваново [3].

Большое внимание проектировщики уделили обсуждению изменений в маршрутах с жителями. Для этого был разработан специальный сайт, на котором регулярно появляется информация о планируемых изменениях, а жители могут просмотреть новые маршруты на интерактивной карте и оставить свои комментарии и пожелания. 1 марта 2022 года был окончен сбор предложений по новой маршрутной сети. Всего было получено 7579 предложений. По результатам анализа поступивших предложений будет подготовлена итоговая версия новой маршрутной сети.

Учитывая, что примеры применения механизма соучаствующего проектирования при планировании систем общественного транспорта в российской практике практически отсутствуют, целесообразно рассмотреть примеры реновации сети общественного транспорта без применения механизма соучаствующего проектирования, которые вызывают критику и недовольство со стороны местных жителей.

Так, например, в начале 2023 года началось изменение маршрутной сети автобусов в городе Архангельске. Несмотря на то, что проект ещё до конца не реализован – он уже подвергся критике со стороны горожан. Население города не довольно выбором модели автобусов, перевозчиком, который будет осуществлять обслуживание маршрута, а также самими предлагаемыми маршрутами общественного транспорта.

Проект независимых активистов, выступающих за качественный общественный транспорт в Архангельске «Здоровый автобус», собрал на декабрь 2022 года 4616 участников в социальной сети в ВКонтакте [4]. Учитывая численность населения города Архангельска, которая на 2022 год колеблется в районе 350 тысяч человек, это достаточно большое число активных граждан. Таким образом, можно сказать о нереализованном потенциале и социальных потребностях горожан в отношении городской жизни и участия.

Часто, из-за отсутствия вовлечения местных жителей в вопросы транспортного планирования в городах принимаются кардинальные решения, которые негативно сказываются не только на мнении горожан, но и на их реальном комфорте, имидже и удобстве города.

Так, в 2009 году в городе Воронеже было полностью прекращено трамвайное движение. Городские власти обосновали это тем, что трамвай в городе стал непопулярен, не разобравшись в причинах этой непопулярности. Система закрыта 15 апреля 2009 года, а Воронеж стал крупнейшим в Европе городом без рельсового городского транспорта. Также, это единственный город-миллионник в России без трамвайной системы. Трамвайные пути были демонтированы.

Судьбу воронежского трамвая из-за неграмотного управления и отсутствия вовлечения горожан в транспортное планированию повторили города: Архангельск, Астрахань, Дзержинск, Иваново, Рязань и Шахты. Стоит отметить, что закрытие трамвайных маршрутов в недалёком

прошлом привело к необходимости транспортных реформ в настоящее время в Воронеже, Архангельске и Иваново.

В данной работе было рассмотрено применение механизма соучаствующего проектирования в транспортном планировании, в частности, в планировании систем общественного транспорта.

Были выявлены предметы актуальности применения соучаствующего проектирования в планировании систем общественного транспорта, которые заключаются в вовлечении жителей в жизнь города. За счёт этого удаётся достигнуть реализации их социальных потребностей как горожан. Таким образом, у каждого жителя города появляется возможность влиять на принятие решений и делать свою городскую мобильность максимально комфортной.

Кроме того, был проведён анализ международного и российского опыта применения механизмов соучаствующего проектирования в транспортном планировании. По результатам данного анализа можно сделать вывод о том, что механизм соучаствующего проектирования применим при планировании систем общественного транспорта. Это доказывают реализованные проекты и исследования. Также необходимость вовлечения местных жителей в процессы планирования систем общественного транспорта подтверждается наличием в России анти-примеров – ситуаций, когда голос общественности и активных горожан не был услышан, из-за чего были допущены фундаментальные ошибки в стратегии развития городского общественного транспорта. Это произошло в таких городах, как Воронеж и Архангельск.

Применимость метода соучаствующего проектирования при планировании систем общественного транспорта позволяет создать определённый стандарт проектирования систем общественного транспорта с применением данного механизма, а также выработать определённые методические рекомендации по грамотному применению данного механизма в транспортном планировании. За счёт этого будет достигаться две глобальных цели – социальная самореализация горожан и улучшение функционирования систем общественного транспорта в городах. В перспективе это может качественно изменить подход к транспортному планированию и к проектированию маршрутной сети в городах. При этом удастся наладить диалог между властями, жителями города, работниками транспортной сферы и другими заинтересованными сторонами.

Список использованных источников

1. Nared J. Participatory transport planning: The experience of eight european metropolitan regions // Participatory Research and Planning in Practice. – Springer, Cham. 2020. С. 13–29.
2. Baez B.I.P. Evaluation of the current bus system in Dublin-Identifying weaknesses and comparing to latest bus network proposal, Bus Connects // Dublin Business School. – Dublin. 2019. 5 p.
3. Создаём оптимальную сеть общественного транспорта в Иванове и пригороде. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://trans-reform37.ru (дата обращения: 25.02.2023).
4. Сообщество «Здоровый автобус. Архангельск». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://vk.com/29bus (дата обращения: 25.02.2023).

УДК 004.934.2

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР МНОГОМОДАЛЬНЫХ КОРПУСОВ ДАННЫХ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ЭМОЦИЙ

Двойникова А.А.[1,2] *(аспирант)*

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Карпов А.А.[1,2]

[1]*Университет ИТМО*
[2]*Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук*

e-mail: dvoynikova.a@iias.spb.su

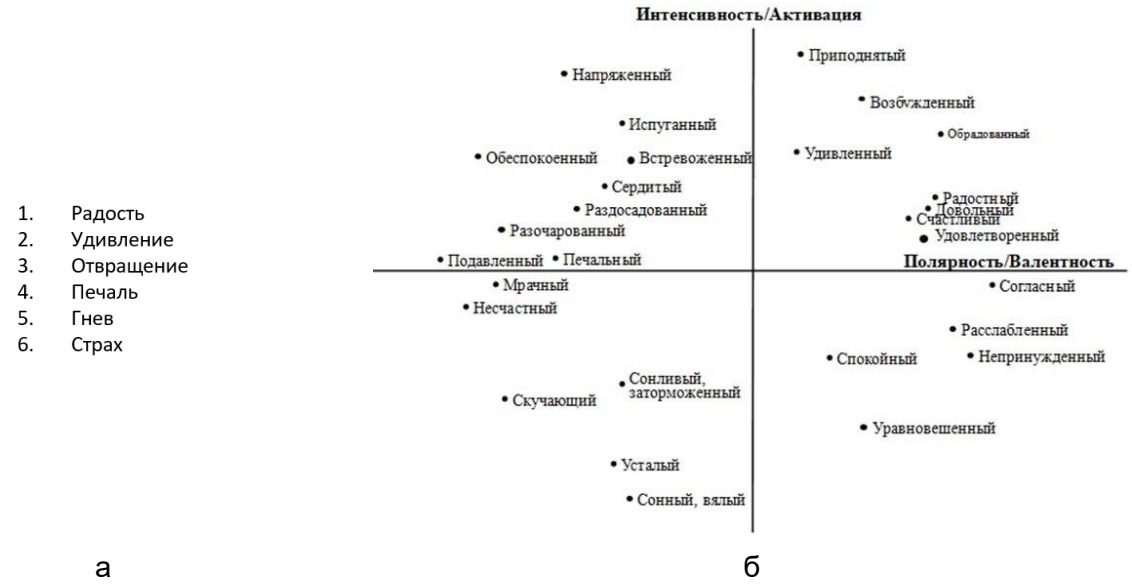
Работа выполнена при поддержке Совета по грантам Президента РФ (грант № НШ-17.2022.1.6)

В статье раскрываются достоинства и недостатки категориальных и пространственных моделей описания эмоций. Пространственные модели позволяют охватить более широкий спектр человеческих эмоций, что позволяет разработать наиболее эффективную систему распознавания эмоций. В работе проводится аналитический обзор существующих многомодальных корпусов данных, которые имеют разметку по валентности и интенсивности эмоций. В заключении выделяется наиболее репрезентативный корпус данных для автоматического анализа проявлений эмоций.

Ключевые слова
Корпуса данных, распознавание эмоций, пространственные эмоции, полярность эмоций, валентность эмоций, интенсивность эмоций.

В настоящее время тема автоматического распознавания эмоций является востребованной и актуальной. Данная область находится на стыке двух других областей: психологии и искусственного интеллекта. Чтобы разработать эмоциональный искусственный интеллект с высокой точностью распознавания эмоций необходимо изучить природу эмоций, их проявления и способы их описания в области психологии.

Существует большое количество дефиниций термина эмоция. Определение эмоций Е.П. Ильина является наиболее употребляемым в технической и психологической областях. Эмоции – это специфический ответ человека и животных на те или иные обстоятельства, ситуации, затрагивающие его интересы и потребности [1]. Многие психологи, такие как П. Экман, Дж. Рассел, Р. Плутчик, К. Изард и др., в своих работах предлагают различные модели описания эмоций. Модели эмоций – это концептуализированные и систематизированные знания об эмоциях. Несмотря на большое различие предложенных психологами моделей эмоций, все их можно сгруппировать в 2 класса: категориальные и пространственные. Категориальные модели эмоций основаны на предположении, что существует ограниченный набор категорий эмоций, другими словами – базовых эмоций. К таким моделям относятся модели Ч. Дарвина, П. Экмана, К. Изарда. Пространственные модели эмоций концептуализируют эмоции в некотором многомерном пространстве. Примером таких моделей являются модели В. Вундта, Дж. Рассела, А. Вартанова. На рисунке 1 представлены примеры категориальной (П. Экмана) и пространственной (Дж. Рассела) моделей описания эмоций. Более подробные примеры моделей эмоций представлены в [2]. Модель П. Экмана представляет собой набор из 6 базовых эмоций. По мнению П. Экмана эти эмоции присутствуют как у животных, так и у человека и предназначены они для того, чтобы выжить в окружающей среде или социуме. Дж. Рассел в пространственной модели располагает весь спектр существующих человеческих эмоций.



а б

Рисунок. Примеры моделей эмоций: а) категориальная; б) пространственная

При построении системы автоматического анализа эмоций необходимо определить какую модель описания эмоций использовать. Преимущества категориальных моделей заключаются в ограниченном наборе коннотаций эмоций, что упрощает построение системы классификации эмоций. Также у категориальных моделей есть ряд недостатков:

- составление набора терминов, которые можно классифицировать как подлинно эмоциональные. Существует проблема, что для эмоций с низкой интенсивностью невозможно подобрать отражающую коннотацию. Соответственно такие эмоции не включаются в выделенный набор терминов;
- большое количество коннотаций. Спектр эмоций, который может испытывать человек, довольно большой, соответственно достаточно трудно составить ограниченный список коннотаций всех человеческих эмоций. На сегодняшний день психологи выделяют от 60 до 500 коннотаций эмоций. Использование такого большого списка терминов эмоций приводит к проблемам сбора данных, а также к низкому качеству автоматической классификации эмоций;
- базовые эмоции. Чтобы ограничить большой объем существующих коннотаций эмоций, психологи выделяют список базовых эмоций, как правило их количество варьируется от 4 до 12 эмоций. Базовые эмоции – это эмоции, которые необходимы как животным, так и человеку для обеспечения жизнедеятельности. Большинство систем автоматического распознавания эмоций обучены на данных с метками базовых эмоций. Однако, такие системы не могут в полной мере автоматически анализировать проявления всего спектра возможных эмоций человека;
- смежные эмоции. Нередко человек может испытывать сразу несколько эмоций одновременно или эмоции могут быть сложносоставными. В таком случае невозможно дать однозначную коннотацию состоянию человека.

В пространственных моделях описания эмоций описанные выше недостатки отсутствуют. Наиболее используемая модель как в области психологии, так и в области искусственного интеллекта является пространственная модель Дж. Рассела [3] (рис. 1, б). В своих работах Дж. Рассел предложил описывать эмоции с помощью двух осей валентности и интенсивности эмоций. Валентность (англ. Valence) – это субъективное качество быть заряженным позитивом или негативом. Интенсивность (англ. Arousal) – склонность человека к какому-либо действию или его отсутствию [4]. Наличие в пространственных моделях некоторых осей упрощает описание эмоциональных состояний и помогает избежать использование коннотаций эмоций. Также пространственные модели позволяют привести к единому консенсусу определения эмоций и сделать их одинаковыми на различных языках. Недостатком такой модели является

то, что некоторые эмоции, например страх и гнев, располагаются близко к друг другу, хотя имеют довольно разную природу происхождения. Данную проблему можно решить с помощью добавления в модель Дж. Рассела дополнительной оси – доминантности.

Исходя из описанных выше достоинств и недостатков моделей описания эмоций, использование пространственной модели позволяет охватить более широкий спектр человеческих эмоций, соответственно разработать наиболее эффективную автоматическую систему анализа проявлений эмоций человека.

Существует большое количество корпусов, содержащих данные эмоциональных проявлений людей. Большинство из них используют категориальную модель эмоций для разметки данных. Корпусов с использованием пространственных моделей значительно меньше, однако они представляют наибольший интерес. Следующий раздел данной статьи посвящен аналитическому обзору существующих эмоциональных корпусов данных, имеющих разметку по пространственной модели Дж. Рассела, а именно по валентности и интенсивности эмоций.

Аналитический обзор корпусов. Для сравнительного анализа были выбраны корпуса, которые удовлетворяют следующим критериям: многомодальность, открытый доступ к данным (в том числе получение данных по запросу), наличие разметки по валентности и интенсивности эмоций. Существует несколько корпусов, удовлетворяющих данным критериям: IEMOCAP [5], RECOLA [6], SEMAINE [7], AMIGOS [8], MAHNOB-HCI [9], SEWA [10], Aff-Wild2 [11]. Ниже приведено подробное описание каждого из них.

Многомодальный корпус IEMOCAP (Interactive Emotional Dyadic Motion Capture Database) [5] содержит в себе аудиовизуальные данные коммуникаций между парами участников в различных сценариях. Один из видов взаимодействия между людьми – проигрывание театральных сцен из пьес под руководством профессиональных актеров. Участникам предоставлялась роль, текст для этой роли и эмоция, с которой необходимо проиграть пьесу. Второй вид взаимодействия между участниками – это коммуникация по диадическим сценариям. Участникам предоставлялись сценарии распространенных ситуаций, например потеря друга, собеседники в парах должны были импровизировать в рамках заданной темы. Все участники (5 мужчин, 5 женщин) являлись профессиональными актерами.

Корпус RECOLA (REmote COLaborative and Affective interactions) [6] представляет собой многомодальные данные общения людей в парах с помощью системы виртуальной коммуникации – Skype. Авторы корпуса данных настраивали участников на определенное настроение (позитивное, негативное или нейтральное) с помощью показа им эмоциональных видео. После этого участники в парах решали задачу на выживание. Авторы корпуса не ограничивали участников по времени диалога, однако в базу данных вошли только первые 5 минут каждого диалога.

SEMAINE (Sustained Emotionally coloured Machine-human Interaction using Nonverbal Expression Dataset) [7] – многомодальный корпус данных, содержащий взаимодействие людей с виртуальным собеседником (машиной). Виртуальным собеседником во время разговора управлял оператор, тем самым регулирую эмоциональное состояние участника. Виртуальный ассистент мог как поддержать эмоциональную динамику диалога, так и спровоцировать участника на проявление определенных эмоций. В начале диалога участников просили рассказать ситуацию, где они испытывали различные эмоции, например грусть, радость, злость и т.д.

Многомодальный корпус AMIGOS (A dataset for Multimodal research of affect, personality traits and mood on Individuals and GrOupS) [8] содержит в себе аудиовизуальные данные участников, а также их физиологические сигналы. Корпус записывался по двум сценариям: индивидуальный просмотр коротких эмоциональных видео и групповой просмотр длинных видео. Во втором сценарии во время просмотра видео участники могли коммуницировать друг с другом.

Корпус MAHNOB-HCI [9] содержит в себе аудиовизуальные данные участников. Во время записи участникам показывали эмоциональные видео, затем авторы спрашивали участников об их отношении к увиденному. На участниках закрепляли датчики для записи

таких физиологических сигналов, как электрокардиография (ЭКГ), электрическая активность кожи (ЭАК), амплитуда дыхания и температура тела.

Аудиовизуальный корпус SEWA [10] был записан в двух сценариях. Сначала участникам предлагалось посмотреть рекламные видеоролики, затем участники в парах обсуждали просмотренное видео. Участники общались между собой на различных языках: английском, немецком, венгерском, греческом, сербском и китайском.

Многомодальный корпус Aff-Wild2 [11] представляет набор видеозаписи из YouTube, в которых содержатся различные спонтанные проявления эмоций людей. Видео в корпусе имеют различную природу происхождения и различные тематики, выделяют различные возрастные группы, этнические принадлежности, профессии, позы головы участников, а также условия освещения, окклюзии.

В таблице представлены статистические характеристики и ссылки для скачивания для каждого корпуса данных. В таблице используются следующие сокращения: В – видео, А – аудио, Т – текст, Ф – физиологические сигналы, н/д – нет данных.

Таблица

Сравнительный анализ эмоциональных корпусов данных

Название корпуса	Модальность	Объем, ч	Кол-во участников	Язык	Метки данных
IEMOCAP[1]	В, А, Т	12,5	10	Англ	*Валентность, интенсивность*, доминантность, 7 базовых эмоций (радость, грусть, злость, отвращение, страх, удивление, нейтральное состояние)
RECOLA[2]	В, А, Ф	2,9	23	Фран.	*Валентность, интенсивность,* согласие, доминантность, вовлеченность, взаимопонимание
SEMAINE[3]	В, А	8	150	Англ.	*Валентность, интенсивность*
AMIGOS[4]	В, А, Ф	н/д	40	н/д	*Валентность, интенсивность,* доминантность, 6 базовых эмоций, персональные качества Big-Five
MAHNOB-HCI[5]	В, А, Ф	0,5	27	Англ.	*Валентность, интенсивность,* доминантность, 9 базовых эмоций
SEWA[6]	В, А	44	180	Различные	*Валентность, интенсивность*
Aff-Wild2[7]	В, А	13	258	Различные	*Валентность, интенсивность*

[1] https://sail.usc.edu/iemocap/iemocap_release.htm
[2] https://diuf.unifr.ch/main/diva/recola/download.html
[3] https://semaine-db.eu/
[4] http://www.eecs.qmul.ac.uk/mmv/datasets/amigos/download.html
[5] https://mahnob-db.eu/hci-tagging/
[6] https://db.sewaproject.eu/
[7] https://www.ibug.doc.ic.ac.uk/resources/aff-wild2/

Как видно из таблицы, наиболее репрезентативными модальностями для выражения эмоций являются видео и аудио. Почти все корпуса данных содержат в себе коммуникацию участников на английском языке, некоторые из них – на различных языках. Корпус SEWA является самым большим по объему данных – 44 ч, а корпус Aff-Wild2 содержит в себе наибольшую вариативность среди участников. Все рассмотренные корпуса имеют непрерывную разметку данных по валентности и интенсивности, некоторые из корпусов – в том числе и по доминантности эмоций.

В статье был проведен аналитический обзор многомодальных, эмоциональных корпусов данных – IEMOCAP [5], RECOLA [6], SEMAINE [7], AMIGOS [8], MAHNOB-HCI [9], SEWA [10], Aff-Wild2 [11]. Среди них только один корпус Aff-Wild2 имеет данные с естественными проявлениями эмоций. Сценарии записи данных в остальных корпусах подразумевают смешанные (между естественными и наигранными) проявления эмоций. Кроме того, во всех этих многомодальных корпусах данных участники испытывают эффект Хоторна [12]. Эффект Хоторна проявляется в изменении поведения участников, когда они знают, что их записывают. Данная проблема отражается в сложности получения данных с естественным проявлением эмоций людей. Также хочется отметить, что аннотаторы корпусов данных размечают только внешние проявления эмоций у участников. Соответственно, автоматические системы распознавания эмоционального состояния могут анализировать только визуальную, акустическую и лингвистическую информацию выражения эмоций. Задача анализа истинных эмоций участников является недостижимой на сегодняшний день.

Результаты представленного аналитического обзора можно использовать при построении автоматических систем распознавания эмоций. Задача автоматического определения валентности и полярности эмоций – является наиболее корректной с точки зрения психологии, относительно категориального распознавания эмоций. Как видно из обзора, наиболее репрезентативным корпусом данных для обучения систем автоматического распознавания эмоций является Aff-Wild2. Данный корпус имеет наиболее вариативный набор дикторов, которые общаются на различных языках. Также в нем представлены визуальные и акустические данные, что позволяет анализировать различную природу проявлений эмоций. С помощью корпуса Aff-Wild2 можно построить наиболее робастную автоматическую систему анализа эмоций дикторов.

Список использованных источников

1. Ильин Е.П., Ильин Е.П. Эмоции и чувства. – Издательский дом "Питер". 2011. 783 с.
2. Ляксо Е.Е., Фролова О.В., Гречаный С.В., Матвеев Ю.Н., Верхоляк О.В., Карпов А.А. Голосовой портрет ребенка с типичным и атипичным развитием. 2020. 204 с.
3. Russell J.A. Culture and the categorization of emotions // Psychological bulletin. 1991. Vol. 110. №. 3. Pp. 426–450.
4. Cowie R., Cornelius R.R. Describing the emotional states that are expressed in speech // Speech communication. 2003. Vol. 40. №. 1-2. Pp. 5–32.
5. Busso C. et al. IEMOCAP: Interactive emotional dyadic motion capture database // Language resources and evaluation. 2008. Vol. 42. Pp. 335–359.
6. Ringeval F. et al. Introducing the RECOLA multimodal corpus of remote collaborative and affective interactions // 2013 10th IEEE international conference and workshops on automatic face and gesture recognition (FG). 2013. Pp. 1–8.
7. McKeown G. et al. The semaine database: Annotated multimodal records of emotionally colored conversations between a person and a limited agent // IEEE transactions on affective computing. 2011. Vol. 3. №. 1. Pp. 5–17.
8. Miranda-Correa J.A. et al. Amigos: A dataset for affect, personality and mood research on individuals and groups // IEEE Transactions on Affective Computing. 2018. Vol. 12. №. 2. Pp. 479–493.
9. Soleymani M. et al. A multimodal database for affect recognition and implicit tagging // IEEE transactions on affective computing. 2011. Vol. 3. №. 1. Pp. 42–55.

10. Kossaifi J. et al. Sewa db: A rich database for audio-visual emotion and sentiment research in the wild //IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence. 2019. Vol. 43. №. 3. Pp. 1022–1040.
11. Kollias D., Zafeiriou S. Aff-wild2: Extending the aff-wild database for affect recognition // arXiv preprint arXiv:1811.07770. 2018.
12. Adair J. G. The Hawthorne effect: a reconsideration of the methodological artifact // Journal of applied psychology. 1984. Vol. 69. №. 2. P. 334.

УДК 575.112

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ РАЗМЕТКИ КАРТЫ HI-C КОНТАКТОВ

Дравгелис В.А.[1] *(студент)*

Научный руководитель – Замятин А.А.[1]

[1]*Университет ИТМО*

e-mail: vitdrav@gmail.com

Работа выполнена в рамках темы НИР №622267 «Разработка программного обеспечения для интерактивного скаффолдинга и валидации геномных сборок на основе данных Hi-C»

В данной работе рассматривается метод получения информации о пространственной конформации хроматина в ядре клетки – Hi-C. В частности, исследуются различные способы визуализации информации, получаемой с помощью этого метода. Рассматриваются два способа увеличения контраста при отображении матрицы Hi-C в виде тепловой карты. Также предлагается способ автоматизированного нахождения точек разрыва геномных перестроек.

Ключевые слова
Hi-C, геномные перестройки, геном, пространственная конформация хроматина, машинное обучение.

Hi-C — это молекулярный метод, который позволяет получить информацию о пространственной конформации хроматина в ядре клетки. Результатом работы этого метода является матрица, значения в каждой из ячеек которой выражают близость участков хромосомы друг к другу. Для визуализации матриц, полученных таким образом, используются графическое представление “тепловая карта”. На рисунке 1 приведён пример такого графика.

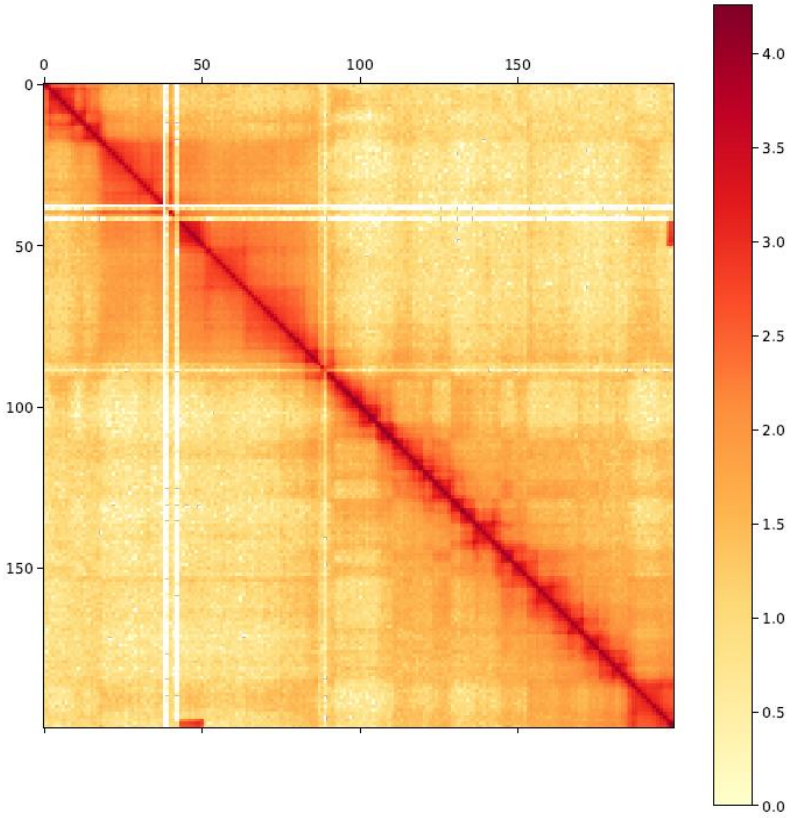


Рис. 1. Пример визуализации Hi-C матрицы

На карте Hi-C можно обнаружить различные паттерны, каждый из которых отображает определённые свойства пространственной конформации хроматина. К ним относятся: точки разрыва геномных перестроек, области гетерохроматина, шпильки и топологически ассоциированные домены. Рассмотрим отдельно паттерны на Hi-C карте, которые говорят о наличии геномных перестроек.

Данные паттерны можно обнаружить при сопоставлении Hi-C и генома из генетически близких организмов, например из колонии комаров или из двух видов комаров. Для карты, представленной на рисунке 2, был взят сигнал Hi-C от одного вида комаров, а геном, от другого. Красными линиями обозначены перестройки, полученные с помощью парного выравнивания геномов с использованием инструмента MiniMap2.

Нахождение геномных координат таких перестроек является важной научной задачей, поскольку может объяснить в каком родстве находятся близкие виды между собой или как меняется геном от особи к особи. Решив задачу каталогизации точек разрыва геномных перестроек, появляется возможность восстановления эволюционной истории структурных вариаций, построение блоков синтении.

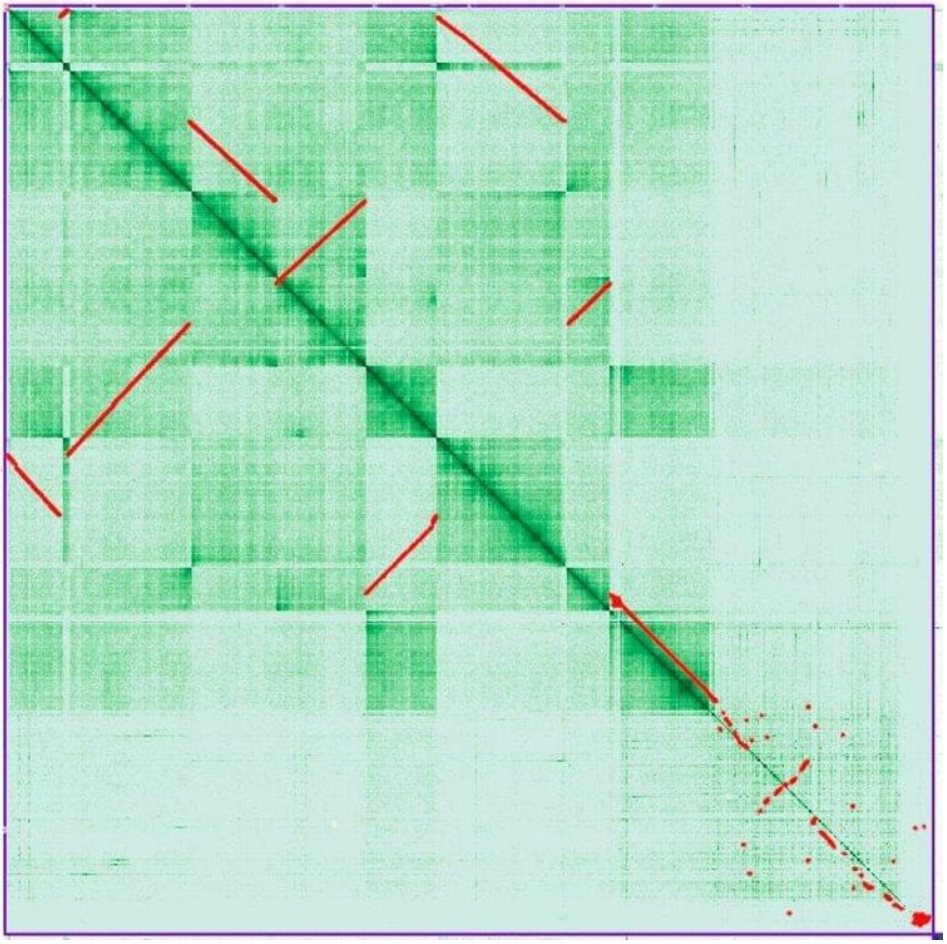


Рис. 2. Карта Hi-C с отмеченными на ней геномными перестройками

Рассмотрим механизм нахождения геномных перестроек с использованием данных Hi-C. Для того, чтобы делать это было легче визуально или с помощью автоматизированных инструментов мы решили применить несколько методов увеличения контрастности.

Первый – это параметрическая палитра для отображения тепловой карты. Изначально использовались градиентные, из стандартного набора matpotlib [2], пример такой приведён на рисунке 1. Но теперь мы перешли на резко меняющие свой цвет с определённого порога, что позволяет ярко подсвечивать сигнал определённого уровня, пример с такой палитрой можно увидеть на рисунке 3.

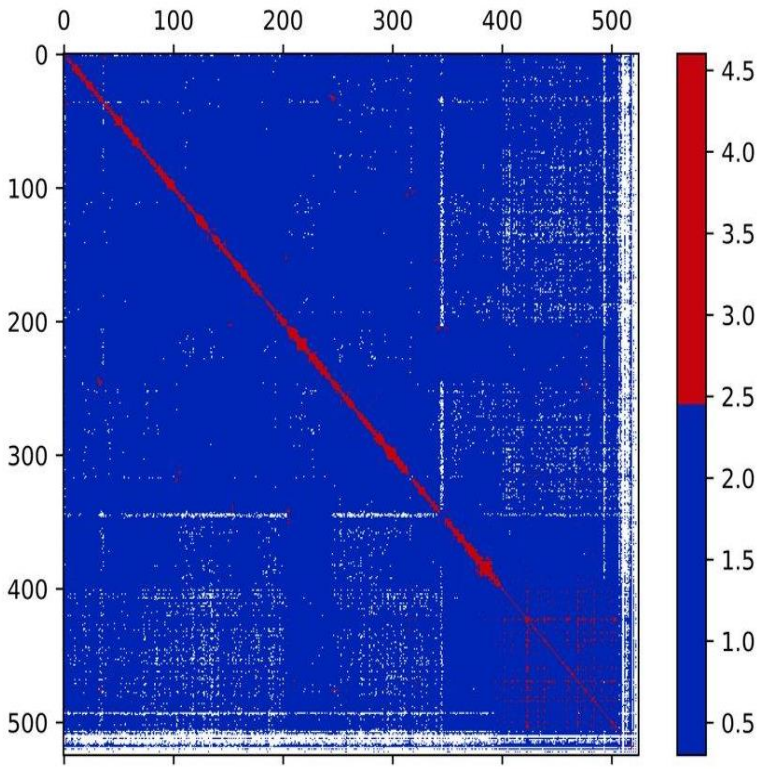


Рис. 3. Новая палитра для тепловой карты

При этом значение, при котором происходит смена цвета, можно менять прямо во время просмотра, чтобы выбрать наиболее оптимальный. На рисунке 4 представлены три карты для одной и той же матрицы Hi-C с разными порогами.

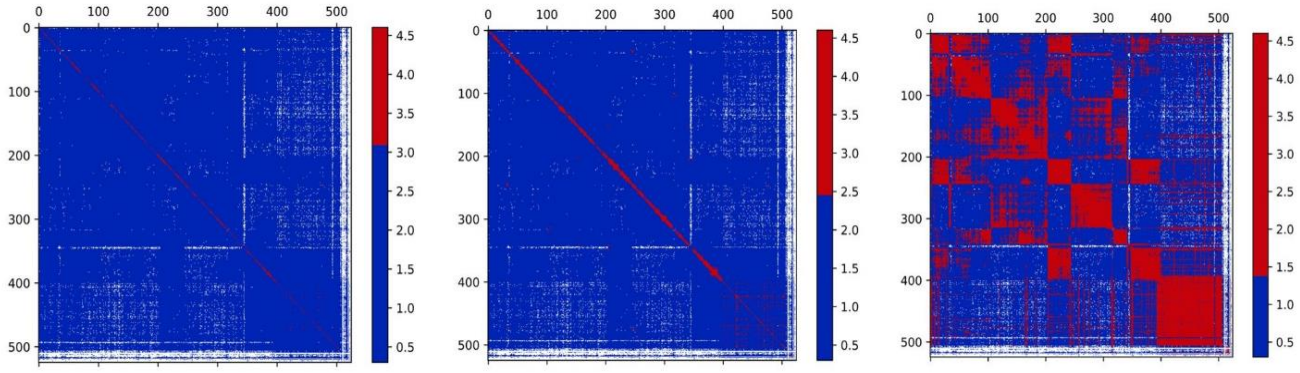


Рис. 4. Различия в отображении при изменении порога

Второй способ, который был использован для того, чтобы избавиться от не интересующего нас паттерна главной диагонали и шумов. Он заключается в переходе к значениям observed/expected, которые позволяют оставить только отличающиеся от среднего значения [2]. При этом среднее для матриц показывающих внутрихромосомные взаимодействия рассчитывается в зависимости от расстояния от главной диагонали, а для матриц показывающих межхромосомное взаимодействие за значение expected принимается среднее по всей матрице. Как при этом изменяется отображение матрицы показано на рисунке 5.

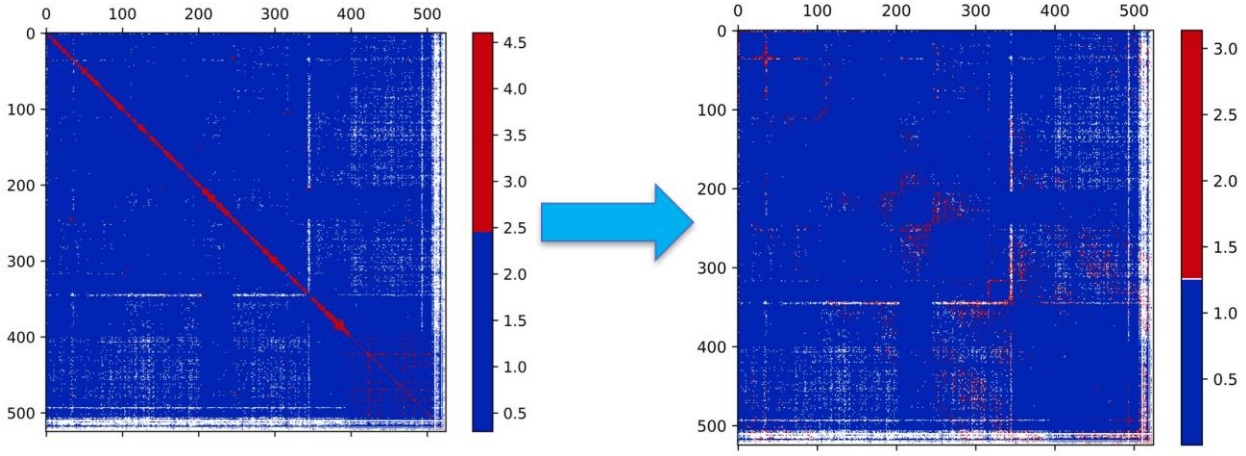


Рис. 5. Изменения в отображении при переходе на значения observed/expected

Для того чтобы обнаружить области интереса предлагается использовать автоматические методы и подсвечивать найденные области на карте. Одним из самых простых способов является поиск разрыва или резкого скачка градиента суммы столбца матрицы. Как схематично изображено на рисунке 6, в местах точек разрыва геномных перестроек происходит резкий скачок или спад этой суммы и таким образом, эта область может быть обнаружена. Но, к сожалению, этот метод оказался сильно чувствительным к шумам и производящим много ложноположительных обнаружений.

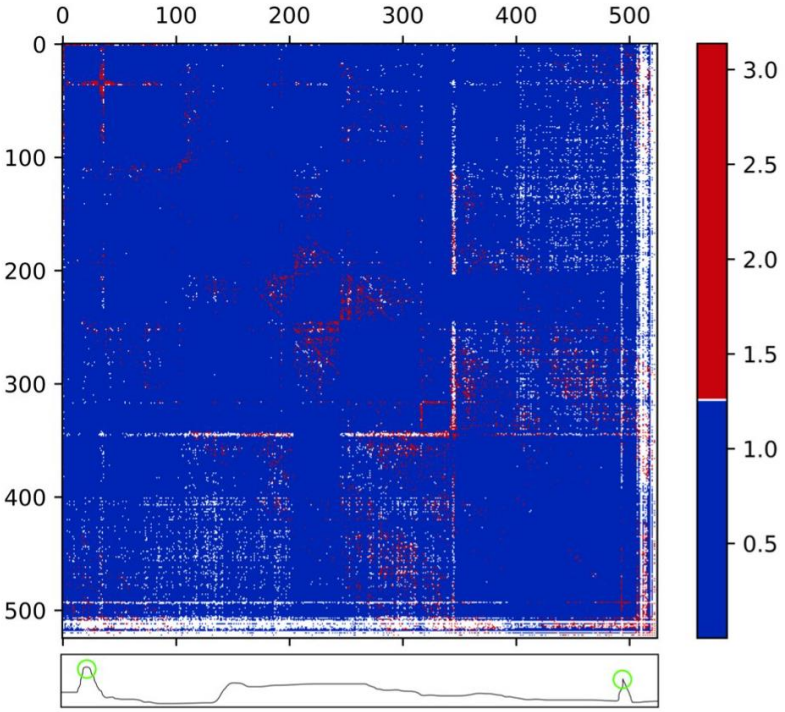


Рис. 6. Иллюстрация "наивного" метода

Поэтому предлагается использовать другой метод, а именно один из методов машинного обучения для обучения без учителя - алгоритмы для кластеризации данных и поиска в них аномалий. Для этого задача ставится следующим образом – обозначаются два класса: "нормальные" регионы и "аномальные". Считается, что нормальные регионы не представляют интереса и осуществляется поиск аномальных. На рисунке 7, на карте Hi-C обведены нормальные регионы, а в местах, где они разрываются, как раз находятся точки разрыва геномных перестроек. Такая постановка задачи позволяет использовать алгоритмы для поиска аномалий [3].

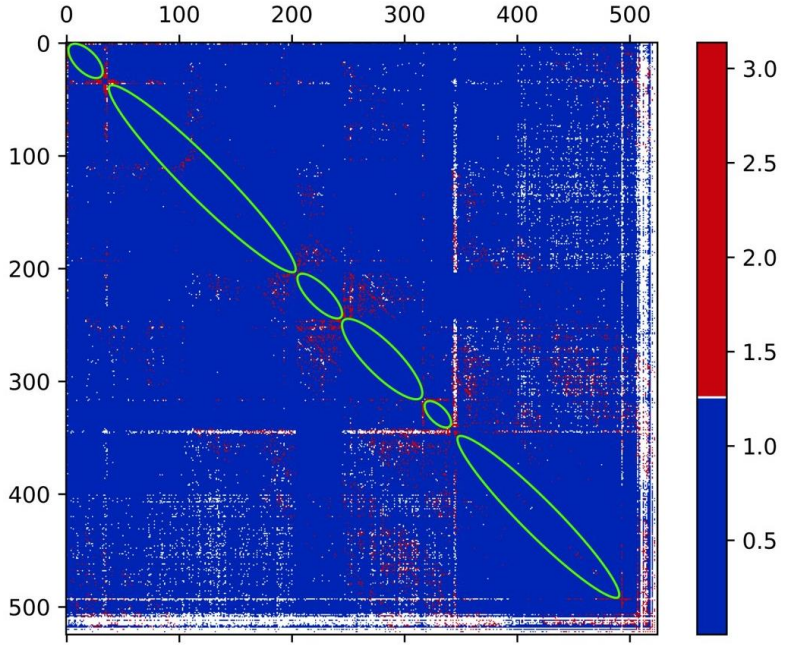


Рис. 7. Иллюстрация алгоритма по поиску аномалий

Был рассмотрен метод получения информации о пространственной конформации хроматина в ядре клетки – Hi-C. Были исследованы различные способы визуализации информации, получаемой с помощью этого метода. Выработаны два способа увеличения контраста при отображении матрицы Hi-C в виде тепловой карты. Также предложен способ автоматизированного нахождения точек разрыва геномных перестроек с помощью алгоритма поиска аномалий в данных. В работе, для тестирования методик, использовались данные о 9 видах комаров, принадлежащих к роду малярийных.

Список использованных источников

1. Matplotlib: Visualization with Python. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://matplotlib.org/stable/tutorials/colors/colormaps.html (дата обращения: 28.02.2023).
2. Hongqiang Lyu, Erhu Liu, and Zhifang Wu Comparison of normalization methods for Hi-C data // BioTechniques. 2020. №. 68:2. Pp. 56–64.
3. Ester M., Kriegel H.P., Sander J., Xu X. A Density-Based Algorithm for Discovering Clusters in Large Spatial Databases with Noise // Proceedings of the 2nd International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, Portland, OR, AAAI Press. 1996. Pp. 226–231.

УДК 004.89

АНАЛИЗ ОПУХОЛЕЙ ГОЛОВНОГО МОЗГА ПО МУЛЬТИМОДАЛЬНЫМ МРТ-СНИМКАМ НА ОСНОВЕ 3D CNN И CNN-RNN МОДЕЛЕЙ

Загальский Е.В. [1] *(студент)*, ***Милантьев С.А.*** [1] *(аспирант)*, ***Бессмертный И.А.*** [1]

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Бессмертный И.А. [1]

[1] *Университет ИТМО*

e-mail: 337517@niuitmo.ru, nevdev@niuitmo.ru, bessmertny@itmo.ru

В данной работе описывается сравнение различных подходов для анализа опухолей головного мозга по мультимодальным МРТ-снимкам на основе CNN-RNN и 3D CNN моделей в ходе решения задачи бинарной классификации. Сравнение эффективности подходов оценивается с помощью метрики точности (accuracy) на приватном наборе данных RSNA-MICCAI [1]. По результатам проведенного исследования было выдвинуто предположение о том, что подход на основе 3D-CNN демонстрирует лучшие результаты в сравнении CNN-RNN и апробацией CNN в ранее проведенном исследовании [2]. В перспективе планируется дальнейшее проведение экспериментов с 3D-CNN с целью усовершенствования качества модели путем расширения исходного набора данных и использования модификаций архитектуры нейронной сети.

Ключевые слова
Brain tumor, convolutional neural network (CNN), recurrent neural network (RNN), long short-term memory (LSTM), 3D convolutional neural network (3D-CNN).

За последние десятилетия синергия технологического прогресса и медицины полностью изменили алгоритм подходов к обследованию и лечению пациентов с различными патологическими состояниями. Данные, полученные в ходе инструментальных медицинских исследований, позволяют клиницистам устанавливать диагноз в кратчайшие сроки, снижая вероятность ошибочных медицинских заключений.

Злокачественная опухоль головного мозга, известная как глиобластома, представляет собой чрезвычайно опасное для жизни состояние, и порой трудно диагностируемое.

В настоящее время единственным способом определения эффективности ответа пациентов на полихимиотерапию и дальнейших прогнозов заболевания является выявление промотора MGMT (MGMT – *O (6)-methylguanine-DNA methyltransferase*) путем генетического анализа, требующего хирургического вмешательства [3]. Кроме того, данное исследование является дорогостоящим, требующим должного оснащения и высокой квалификации специалиста. Разработка точного метода определения наличия промотора MGMT с использованием только МРТ-снимков может существенно сократить количество инвазивных вмешательств и ускорить процесс выбора персонализированной стратегии лечения.

Задачей настоящего исследования являлось сравнение подходов классификации глиобластом по мультимодальным МРТ-снимкам с помощью различных архитектур нейронных сетей, а именно с помощью комбинации сверточных и рекуррентных нейронных сетей (CNN-RNN), 3d-сверточных нейронных сетей (3D-CNN) и ансамбля сверточных нейронных сетей (CNN) из предыдущего исследования [2]. В качестве классификационных моделей были применены *EfficientNet-B0* для CNN-RNN и *ResNet-10* для 3D-CNN соответственно. Для проведения экспериментов использовался оригинальный датасет RSNA-MICCAI [1]. Стоит отметить, что актуальные результаты экспериментов на приватном датасете в рамках соревнования kaggle не превышают 70% по метрике точности.

Исходные данные представлены в формате. dcm (DICOM -– *Digital Imaging and Communications in Medicine*) и состоят из последовательности снимков мультипараметрической МРТ: *Fluid Attenuated Inversion Recovery (FLAIR), T1-weighted pre-contrast (T1w), T1-weighted*

post-contrast (T1Gd), T2-weighted (T2). В клинической практике режим FLAIR используется для визуализации всех структур и тканей центральной нервной системы с помощью контраста; T1–взвешенные изображения позволяют визуализировать мягкие ткани, в том числе жировую; T2–взвешенные изображения показывают жидкости и аномалии, например опухоли, воспаления и травмы.

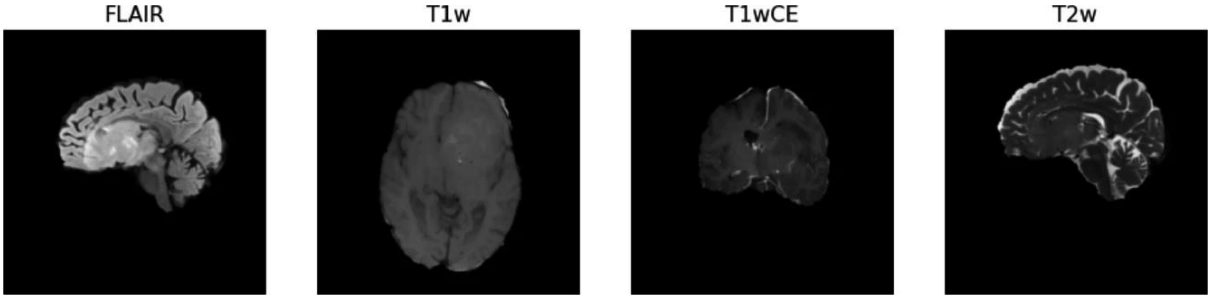


Рис. 1. Пример последовательности МРТ-снимков [4]

Исходный датасет включал в себя МРТ-снимки приблизительно тысячи пациентов. Метки о наличии промотора MGMT присутствовали для всех образцов. Данные для обучения (train) включали в себя 585 каталогов, данные для проверки состояли из 87 каталогов (test), а данные тестирования включали около 400 каталогов (private). На рисунке 2 приведен пример МРТ пациентов с отсутствием и наличием промотора MGMT.

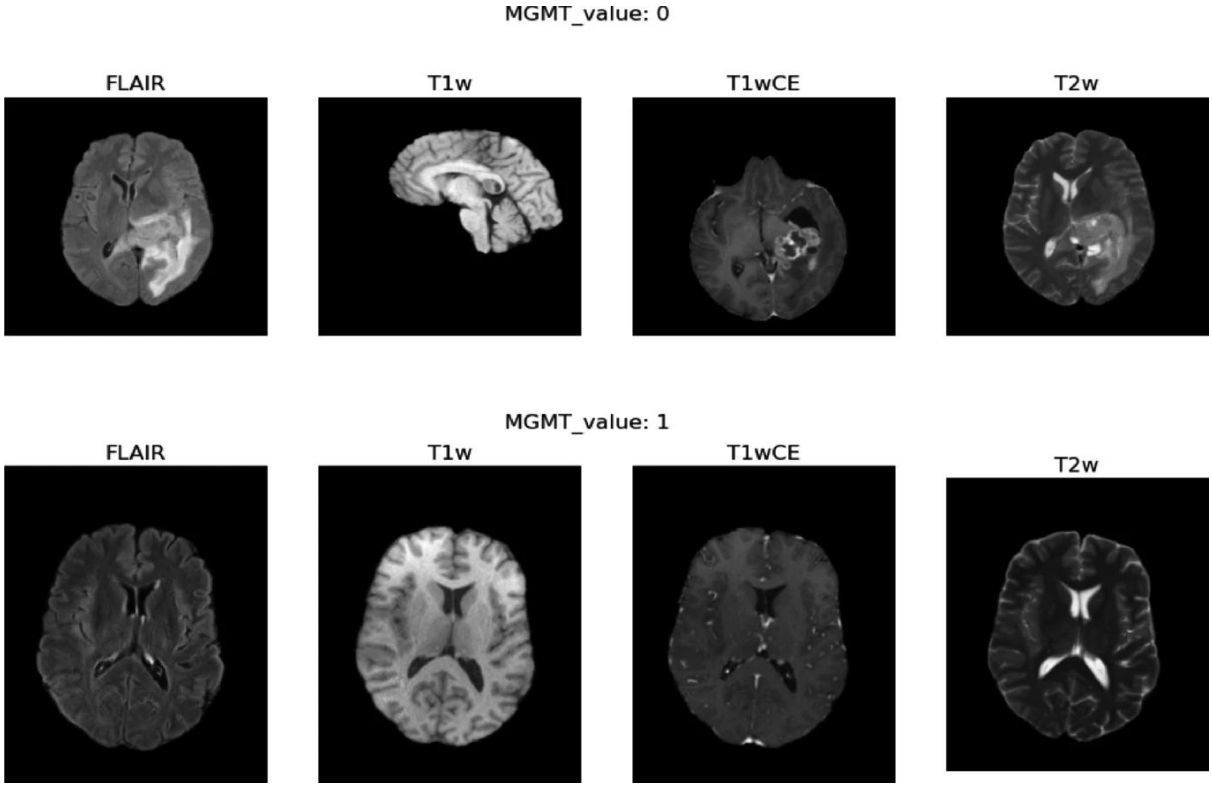


Рис. 2. МРТ пациентов с отсутствием и наличием промотора MGMT [4]

В первую очередь были проведены эксперименты с CNN-RNN. Выбранная архитектура состояла из *state of the art* модели EfficientNet-B0 и долгой краткосрочной памяти (LSTM – *Long short-term memory*) в качестве RNN. Для препроцессинга исходных медицинских изображений был использован метод сэмплирования и подход расширенной аргументации данных, который подробно описан в предыдущем исследовании [2]. Сэмплирование выполнялось методом отбора фреймов с шагом S=10 для каждого канала *FLAIR, T1w, T1Gd, T2.* Пример сэмплирования приведен на рисунке 3.

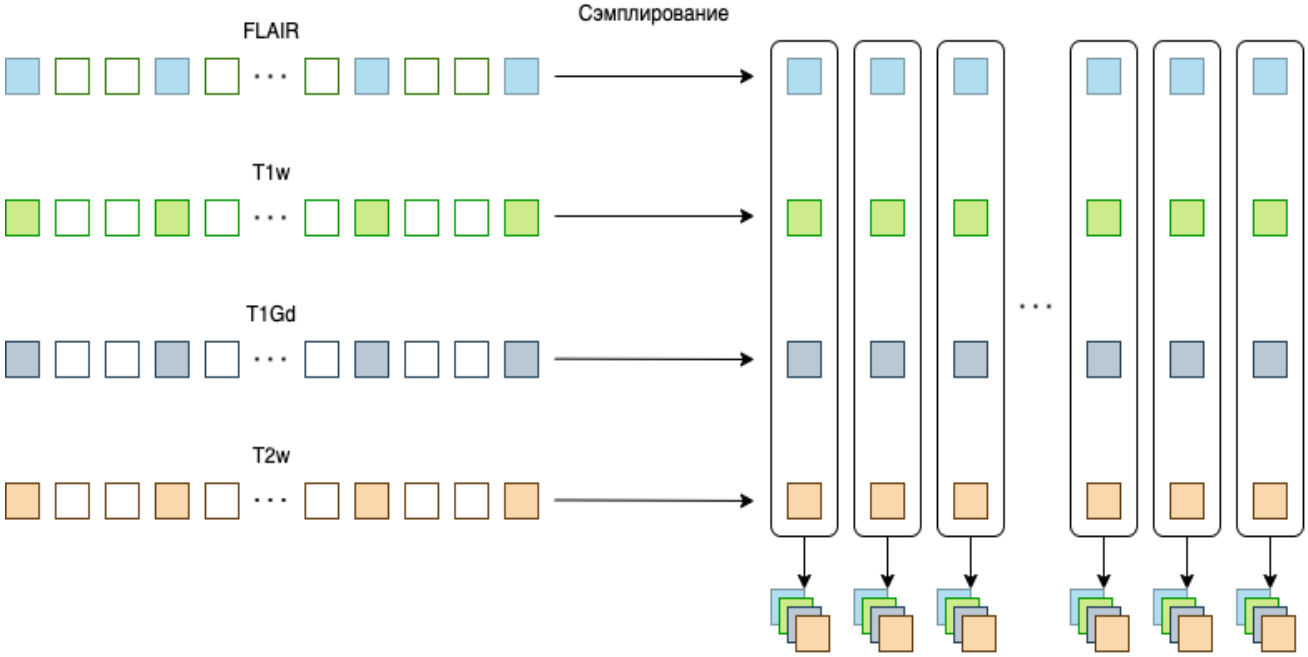


Рис. 3. Сэмплирование последовательностей МРТ-снимков

Далее, выходной слой классификации предварительно обученной модели был заменен на полносвязный слой (FC Layer) с размером 256 (cnn_features = 256). После извлечения эмбеддингов из снимков, данные передавались на два слоя LSTM (lstm_num = 2) с размером скрытого слоя 32 (ltsm_hidden = 32). Модель была реализована с использованием фреймворка *PyTorch*. В обучении модели применялась стратифицированная кросс-валидация (5 фолдов). В качестве оптимизатора был выбран *Adam.* Схема модели CNN-RNN представлена на рисунке 4.

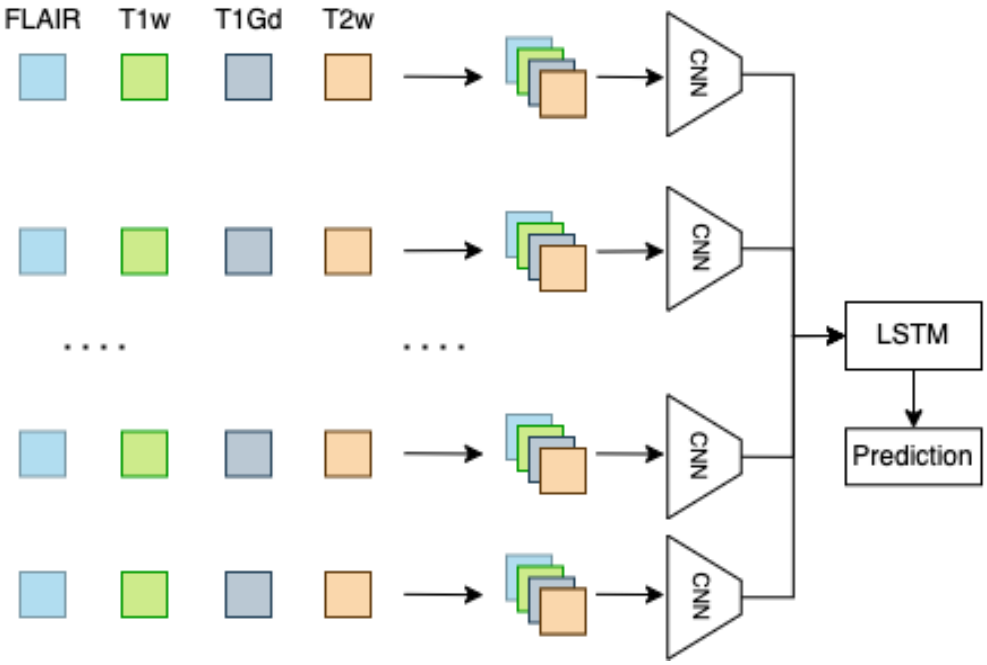


Рис. 4. Схема модели CNN-RNN

Оценка результатов была проведена по метрике точности. В качестве прогноза используется среднее значение из всех моделей ансамбля. Результаты экспериментов для каждого из пяти фолдов представлены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты экспериментов CNN-RNN

Эксперимент	Модель	Точность (validation)
Fold 1	EfficientNet-B0	53.41%
Fold 2	EfficientNet-B0	64.07%
Fold 3	EfficientNet-B0	61.43%
Fold 4	EfficientNet-B0	63.61%
Fold 5	EfficientNet-B0	63.08%

По результатам исследования, на public датасете среднее значение *accuracy=64,96%,* на приватном наборе данных *accuracy=60,73%.* Полученные результаты свидетельствуют о небольших различиях подхода по метрике точности в сравнении с результатами предыдущего исследования [1].

В качестве следующего шага, была проведена апробация 3D-CNN с целью улучшения качества прогноза модели по сравнению с CNN-RNN. Архитектура состояла из 3D-CNN, ResNet-10 и *PyThorch-based* фреймворка Monai. В обучении модели применялась стратифицированная кросс-валидация (5 фолдов), epoch=15, batch_size=8. Для апробации был выбран оптимизатор *Adam.*

Для построения трехмерных изображений были выбраны снимки последовательности *FLAIR*. В качестве следующего шага изображения были приведены к размеру 256x256 пикселей. На вход модели подавались пятьдесят снимков. Для построения изображения, были произведены вычисления центрального снимка последовательности (n/2, где n – количество снимков) и выбор изображений в заданном диапазоне, например из последовательности 400 снимков были выбраны пятьдесят в диапазоне 175…225. Схема модели представлена на рисунке 5.

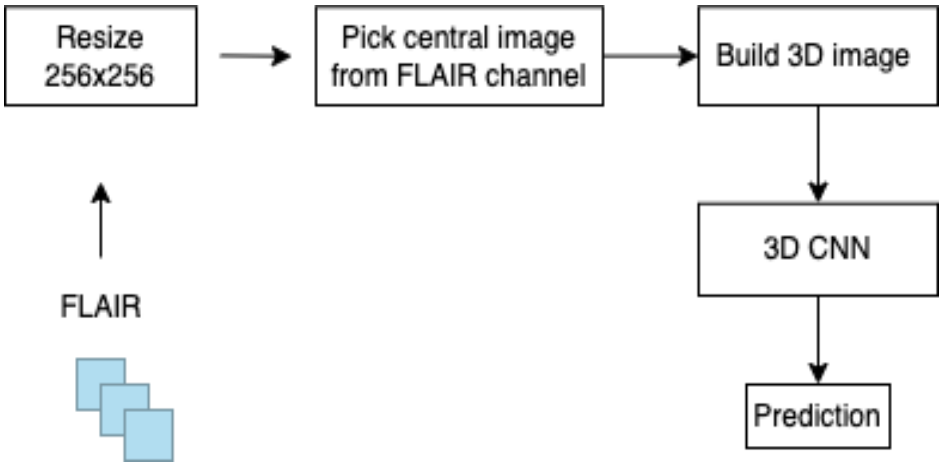


Рис. 5. Схема модели 3D-CNN

Полученные результаты в ходе апробации 3D-CNN говорят о необходимости проведения дополнительных экспериментов с данной архитектурой и перспективности продолжения исследования. На публичном наборе данных *accuracy=63,44%* (на приватном *accuracy=62,17%*). Стоит отметить, что эксперименты с CNN-RNN показали лучшие результаты на публичном наборе данных, чем 3D-CNN. В свою очередь, 3D-CNN оказалась эффективнее на приватном наборе данных. Результаты сравнения проведенных экспериментов между CNN-RNN, 3D-CNN и моделью из прошедшего исследования приведены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты сравнения проведенных экспериментов

Эксперимент	Модель	Точность (private)
CNN	EfficientNet-B0	58.35%
CNN-RNN	EfficientNet-B0	60.73%
3D-CNN	ResNet-10	62.12%

Исходя из результатов сравнения, на приватном датасете 3D-CNN с использованием ResNet-10 и Monai показала лучшие результаты относительно CNN-RNN и модели из ранее проведенного исследования.

В данной работе было проведено сравнение различных подходов для анализа опухолей головного мозга по мультимодальным МРТ-снимкам на основе 2d и 3d сверточных нейронных сетей в ходе решения задачи бинарной классификации. Так же были рассмотрены методы предварительной обработки изображений.

По результатам проведенного исследования было выдвинуто предположение о том, что подход на основе 3D-CNN демонстрирует лучшие результаты в сравнении CNN-RNN и апробацией CNN в ранее проведенном исследовании [2]. Дальнейшем вектором развития исследования является расширение исходного датасета и проведение экспериментов с модификациями 3d нейронных сетей.

Список использованных источников

1. Baid U. et al. The RSNA-ASNR-MICCAI BraTS 2021 Benchmark on Brain Tumor Segmentation and Radiogenomic Classification // 2021. arXiv:2107.02314.
2. Милантьев С.А., Загальский Е.В. Анализ опухолей головного мозга по последовательностям МРТ снимков // Сборник трудов XI Конгресса молодых ученых (Санкт-Петербург, 4–8 апреля 2022 г.). 2022. Т. 1. С. 304–308.
3. Haque W., Teh C., Butler E.B. et al. Prognostic and predictive impact of MGMT promoter methylation status in high-risk grade II glioma // J Neurooncol 157. 2022. Pp. 137–146. https://doi.org/10.1007/s11060-022-03955-3.
4. Emchinov A. A Deep Learning Approach to Glioblastoma Radiogenomic Classification Using Brain MRI // Crimi, A., Bakas, S. (eds) Brainlesion: Glioma, Multiple Sclerosis, Stroke and Traumatic Brain Injuries. BrainLes 2021. Lecture Notes in Computer Science. 2022. Vol 12963. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-09002-8_31.

УДК 658.5.012.7

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ НА РЫНКЕ CRM-СИСТЕМ ДЛЯ УЧЕБНЫХ ЯЗЫКОВЫХ ЦЕНТРОВ

Зиманова Е.А.*[1] *(студент)

***Научный руководитель – доктор экономических наук, профессор Максимова Т.Г.*[1]**

[1]*Университет ИТМО*

e-mail: katya.zimanova.99@mail.ru

Приведены результаты сравнительного анализа CRM-систем, которые полностью или частично ориентированы на поддержку деятельности языковых центров. Проведение сравнительного анализа базируется на логике построения квадранта Гартнера. В результате анализа выделено четыре группы CRM-систем: лидеры, претенденты, провидцы, нишевые игроки.

Ключевые слова
CRM-системы, сравнительный анализ, языковые центры, позиции на рынке, квадрант CRM.

Автоматизации и перевод основной бумажной работы в электронный вид – это то, к чему стремятся многие компаний, которые в начале своей деятельности специально не настраивали бизнес-процессы под какую либо систему электронного документооборота.

В государственных образовательных учреждения в последние 5-7 лет начали активно внедрять единую систему электронного журнала и электронного дневника “Дневник.ру”. Компания-разработчик предоставляет систему практически всем муниципальным общеобразовательным учреждениям. Система дает возможность учителям ввести классный журнал в электронном виде, а ученикам и их родителям иметь доступ к оценкам и домашним заданиям фактически круглосуточно. Кроме того, система позволяет оперативно формировать отчеты об успеваемости и посещаемости в разрезе отдельных школе или регионов.

Частные учебные центры дополнительного образования, в том числе языковые, не могут подключиться к системе “Дневник.ру”, так как не являются государственными учреждениями. Однако они также нуждаются в системе, которая могла бы перевести большую часть бумажной работы в электронный вид. На рынке уже существую коммерческие CRM-системы, которые ориентированы на поддержку бизнес-процессов учебных центров. На данным момент в русскоязычном сегменте существует примерно около двух десятков CRM-систем, ориентированных на обслуживание деятельности частных учебных центров дополнительного образования. Такое разнообразие решений существенно затрудняет выбор одного конкретного.

Цель исследования состояла в определении существующего функционала CRM-систем для частных учебных центров дополнительного образования и выделении лидеров рынка.

Для определения списка CRM-систем было произведено обращение к двум сайтам-агрегаторам [2, 3] и поисковой системе “Яндекс”. Чтобы попасть в список CRM-система должна была либо быть полностью написана для удовлетворения потребностей языковой школы, либо предоставлять функционал, который в том числе может быть использован для частной языковой школы. С учетом этих ограничений отобрано 19 CRM-систем: Alfa CRM, CRM HOLLIHOP, Big Ben CRM, CRM – Мой класс, ListOk CRM, Параплан CRM, Контур Класс, CRM Отмечалка, ImpulseCRM, Tallanto, Топкурс, Clients24, Faience, CRM PushtoLearn, 2Курс CRM, Roboseller, AXKED, OKOCRM, Olla crm bercana.

Для определения функционала CRM-систем были проведены следующие действия.

1. Собрана информация о возможностях и функциях каждой конкретной CRM-системы.
2. На основании этой информации сформирован список из 38 функций, характеризующих возможности CRM-систем.

3. Для каждой CRM-системы оценены выбранные функции: если функция есть у системы, то в соответствующий вектор функций системы записывается значение “1”, если нет, то “0”.
4. Далее определяется интегральная характеристика функционала CRM-системы (как сумма всех компонент для каждой CRM-системы) и проводится ранжирование CRM-систем по значениям этого показателя.

Таким образом, были выявлены самый представленный функционал и самый не представленный.

Для определения того, какое место на рынке каждое из решений принимает, был построен квадрант CRM. Логика построения квадранта CRM основана на логике построения квадранта Гартнера [1]. Оригинальный метод Гартнера не был применен, так как этот метод есть в доступе только у одноименной компании. Метод, представленный ниже, основан на известных принципах, но использованы иные характеристики, выделенные для CRM-систем. Ось Y означает полноту функционала, а ось X – востребованность у потребителей.

Полнота функционала (значения по оси Y) рассчитывалась на основе выделенных 38 функций, характеризующих возможности CRM-систем, с применением экспертной оценки. Метод экспертной оценки использован для учета неравнозначности тех или иных функций и возможностей системы. Нужно было избежать тех случаев, когда мало важная или редко востребованная функция оказывала влияние на итоговый рейтинг наравне с более важными функциями. Для построения экспертных оценок весов использован метод мозгового штурма, в ходе которого выставлялась оценка значимости для каждой функции. В мозговом штурме участвовали руководители учебных языковых центров, их заместители и администраторы, всего семь человек. Если возникали спорные ситуации по поводу величины оценки, то эксперты достигали консенсуса после дополнительного обсуждения аргументации каждого. 38 функций – характеристик CRM-систем были разбиты на семь подгрупп в каждой из которой было от 4 до 7 параметров. Они образовали следующие группы: денежные средства и кассовый журнал (табл. 1), контроль администратора (табл. 1), работу администратора (табл. 1), работа педагогов (табл. 3), сбор и анализ информации (табл. 3), работа с клиентом (табл. 3) и маркетинг (табл. 2). В каждой группе каждый параметр получал значения веса от 1 до 0, при сложении параметров каждой группе в сумме получается единица.

Таблица 1

Экспертные оценки для групп денежные средства и кассовый журнал, контроль администратора, работа администратора

Параметры группы денежные средства и кассовый журнал	Вес	Параметры группы контроль администратора	Вес	Параметры группы работа администратора	Вес
Бухгалтерский учёт	0,25	Мониторинг эффективности персонала	0,15	Многопользова-тельский режим	0,2
Онлайн-платежи	0,3	Настройки доступа	0,2	Добавление сотрудников	0,25
Расчет зарплаты	0,2	Отслеживание времени	0,13	Задачи и напоминания	0,15
Учет доходов и расходов	0,25	Отчёты	0,19	Корпоративная программа	0,1
		Разделение лидов на сегменты	0,13	Личный кабинет	0,2
		Управление абонементами	0,2	Шаблоны	0,1

Таблица 2

Экспертные оценки для группы маркетинг

Параметр группы маркетинг	Вес
Инструменты маркетинга	0,25
Настройки скидок	0,2
Система дисконтных карт	0,2
Создание коммерческих предложений	0,35

Таблица 3

Экспертные оценки для групп работа педагогов, сбор и анализ информации, работа с клиентом

Параметр группы работа педагогов	Вес	Параметры группы сбор и анализ информации	Вес	Параметры группы работа с клиентом	Вес
Личный кабинет ученика	0,2	База клиентов	0,2	Email-рассылка	0,2
Отслеживание посещаемости	0,25	Воронка продаж	0,15	Интеграция с социальными сетями	0,15
Проведение тестирования	0,1	История взаимодействия с клиентом	0,15	Мобильная версия	0,1
Прогресс обучения	0,2	Отчётные документы	0,2	Предварительная запись клиентов	0,2
Расписание занятий	0,15	Отчёты и аналитика	0,2	Рассылка уведомлений	0,15
Создание курсов	0,1	Хранение файлов	0,1	Телефония	0,2

Так как изначально параметры отражают присутствие или отсутствие той или иной функции у CRM-системы, то в первую очередь при расчете полноты функционала по каждому параметру для каждой CRM ставится 1, если функция есть, и 0 в противном случае. Далее определяется интегральная взвешенная оценка для каждой CRM-системы (оценки каждой CRM-системы суммируются с учетом их весов). Эти интегральные оценки используются далее для рейтинговая CRM-систем. Результаты оценивания CRM-систем и рейтинги CRM-систем по полноте функционала приведены в таблице 4.

Таблица 4

Рейтинг CRM-систем по полноте функционала

№	CRM-система	Баллы	№	CRM-система	Баллы
1	Alfa CRM	6,3	11	CRM HOLLYSHOP	4,05
2	Мой класс	5,6	12	AXKED	3,54
3	Отмечалка	5,15	13	OKOCRM	3,22
4	Параплан CRM	4,92	14	ImpulseCRM	3,22
5	Roboseller	4,87	15	Clients24	2,15
6	Tallanto	4,85	16	CRM Push to Learn	1,8
7	ListOk CRM	4,44	17	Топкурс	1,79
8	Olla crm bercana	4,35	18	Faience	1,79
9	2Курс CRM	4,29	19	Контур Класс	1,54
10	Big Ben CRM	4,15			

Востребованность у потребителя (значения по оси X) измерялась количеством отзывов в различных источниках. Изначально востребованность у потребителя планировалось измерять количеством учебных центров на которые были установлены CRM-системы. Но в ходе сбора информации выяснилось, что информацию о количестве партнеров представляют только семь CRM-систем из девятнадцати. Поэтому было принято решение подсчитать количеством отзывов, оставленных на разных сайтах: на сайтах-агрегаторах [2, 3] и на официальных сайтах CRM-систем. Было принято решение ориентироваться на это показатель, так как отзыв нам точно говорит о том, что человек, который написал его, как минимум взаимодействовал с этой системой на своем рабочем месте, а как максимум устанавливал ее для своей компании.

Востребованность у потребителя оценивается суммарным количеством отзывов на сайтах-агрегатах и официальных сайтов CRM-систем. Результаты получившихся рейтингов CRM-систем по количеству оставленных отзывов представлены в таблице 5.

Таблица 5

Рейтинг CRM-систем по количеству отзывов

№	CRM-система	Количество отзывов суммарно	№	CRM-система	Количество отзывов суммарно
1	Мой класс	236	11	2Курс CRM	16
2	Alfa CRM	208	12	AXKED	13
3	Отмечалка	132	13	OKOCRM	10
4	CRM HOLLYSHOP	58	14	ImpulseCRM	10
5	Big Ben CRM	54	15	Clients24	9
6	Параплан CRM	43	16	CRM PushtoLearn	9
7	Roboseller	37	17	Топкурс	0
8	Tallanto	37	18	Faience	0
9	ListOk CRM	23	19	Контур Класс	0
10	Olla crm berkana	17			

Так как квадрант CRM технически представляет собой пузырьковую диаграмму, то было принято решение добавить третий параметр, который отображает цену за ежемесячную подписку на CRM-систему за 400 учеников. Для большей наглядности он рассчитывался как обратная величина к цене за месяц. Таким образом, чем больше размер пузырька у конкретной CRM-системы на диаграмме, тем ниже цена за ежемесячное использование. Результаты оценки стоимости CRM-систем и размера пузырька приведены в таблице 6.

Таблица 6

Цена за обслуживание CRM-системы за 1 месяц на 400 учеников

№	Название CRM	Цена в рублях за месяц	Размер пузырька в квадранте	№	Название CRM	Цена в рублях за месяц	Размер пузырька в квадранте
1	Alfa CRM	4720	0,0002118644	11	CRM HOLLIHOP	4500	0,0002222222
2	Мой класс	2190	0,0004566210	12	AXKED	4500	0,0002222222
3	Отмечалка	4680	0,0002136752	13	OKOCRM	154000	0,0000064935
4	Параплан CRM	2540	0,0003937007	14	ImpulseCRM	6000	0,0001666666
5	Roboseller	3390	0,0002949852	15	Clients24	0	0
6	Tallanto	3800	0,0002631578	16	CRM Push to Learn	16000	0,0000625
7	ListOk CRM	3990	0,0002506265	17	Топкурс	3960	0,000252525
8	Olla crm bercana	2500	0,0004	18	Faience	1600	0,000625
9	2Курс CRM	2550	0,0003921568	19	Контур Класс	1041	0,000960614
10	Big Ben CRM	4400	0,0002272727				

Таким образом, видоизмененный квадрат Гартнера имеет следующие оси: ось Y – полнота функционала, ось X – востребованность у потребителя, размер пузырька – величина, обратная к стоимости ежемесячной подписки на систему. В зависимости от расположения (значений координат по осям X и Y) CRM-система попадает в одну из четырех категорий [1]:

1. Лидеры (правая верхняя часть квадранта) – те, кто работают сравнительно хорошо сегодня и имеют хорошие позиции на завтра. Именно им принадлежит большая часть рынка и самые развитые комьюнити пользователей.

2. Провидцы (левая верхняя часть квадранта) – те, кто понимают, куда движется рынок, или имеют видение изменения рыночных правил, но пока не достигают успеха.
3. Нишевые игроки (левая нижняя часть квадранта) – те, кто успешно фокусируются на небольшом сегменте; или они не внедряют инновации или не превосходят других.
4. Претенденты (правая нижняя часть квадранта) – те, кто сегодня работают хорошо или могут доминировать в большом сегменте, но не демонстрируют понимания направления рынка.

После того как две координаты определены и был рассчитан размер пузырьков строиться сам квадрат (рисунок).

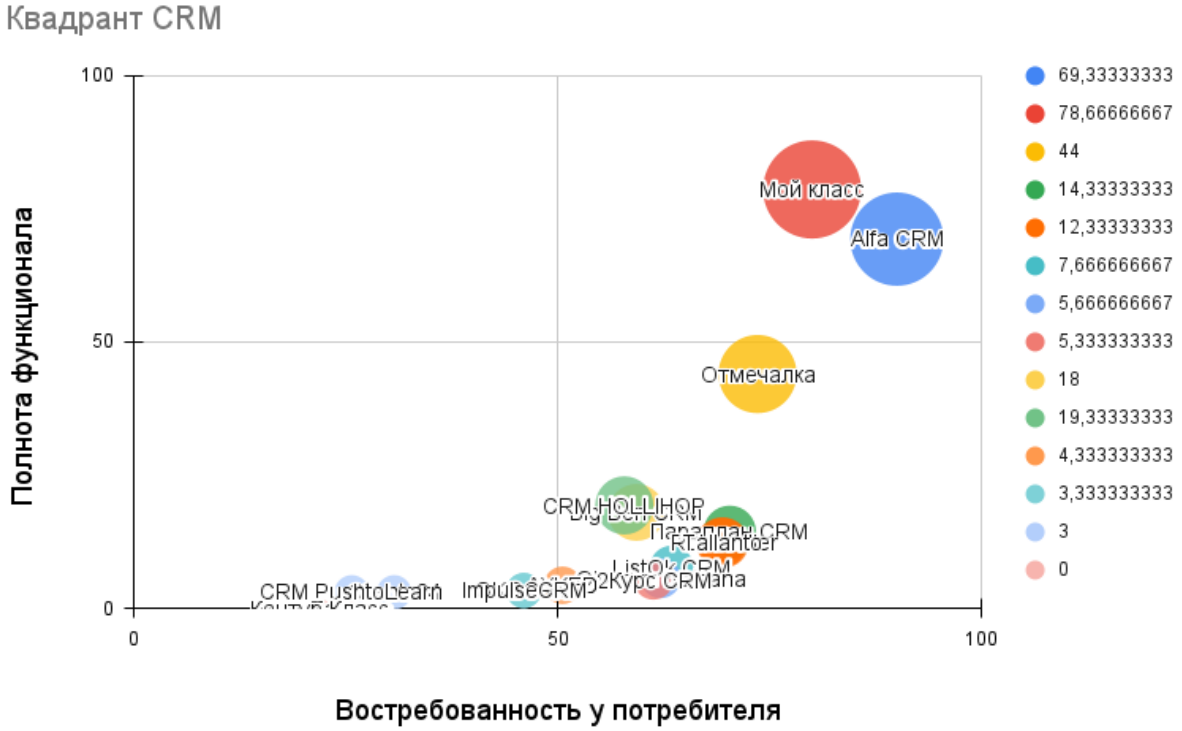


Рисунок. Квадрант CRM

По этому квадрату определяется четыре вида игроков рынка:

1. Лидеры – Мой класс, Alfa CRM.
2. Провидцы – никто из списка CRM не попал в данную категорию.
3. Нишевые игроки – AXKED, OKOCRM, Clients24, CRM PushtoLearn, Контур Класс, Топкурс.
4. Претенденты – CRM Отмечалка, CRM HOLLIHOP, Big Ben CRM, ListOk CRM, Параплан CRM, ImpulseCRM, Tallanto, Faience, 2Курс CRM, Roboseller, Olla crm bercana.

В рамках исследования проведен анализ рынка CRM-систем, основное или одно из направлений которых обслуживает бизнес-процессы частных языковых учебных центров дополнительного образования. Результаты данного анализа могут быть использованы при выборе CRM-системы с учетом потребностей частного языкового центра. При выборе системы можно опираться сразу на три предложенных параметра: полнота функционала, востребованность у потребителя и ежемесячная стоимость.

Список использованных источников

1. Magic Quadrant Research Methodology. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.gartner.com/en/research/methodologies/magic-quadrants-research (дата обращения: 11.12.2022).
2. ТОП-8 Лучших CRM для учебного центра 2022. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://a2is.ru/catalog/crm-dlya-uchebnogo-tsentra?page=1 (дата обращения: 06.12.2022).
3. 10 лучших CRM для языковых школ. Рейтинг и сравнение CRM. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://crmindex.ru/for/yazukovaya_shkola (дата обращения: 06.12.2022).

УДК 004.89

ИНТЕГРАЦИЯ СМАРТ-УСТРОЙСТВ В СИСТЕМЫ АДАПТИВНОГО ОСВЕЩЕНИЯ

***Климова Д.А.*[1] *(студент),* *Рослякова С.В.*[1]**

***Научный руководитель – кандидат архитектуры, доцент Быстрянцева Н.В.*[1]**

[1]*Университет ИТМО*

e-mail: daklimova@itmo.ru

Работа выполнена в рамках темы НИР №622265 «Разработка алгоритмов интеграции внешней среды пользователей в экосистему их цифровых ассистентов»

В ходе работы был проведен анализ современных систем управления освещением и была выявлена возможность интеграции фитнес-браслетов в качестве смарт-устройств в адаптивные системы освещения. Основываясь на существующих исследованиях, были разработаны световые режимы и создан механизм их применения с учетом данных биомониторинга.

Ключевые слова

Адаптивная система освещения, биомониторинг, смарт-устройства, освещенность, коррелированная цветовая температура.

В современном мире, благодаря активному развитию систем "умный дом", большую популярность приобрело использование смарт-устройств, в том числе и в системах управления освещением. Под смарт-устройствами в данном случае понимают измерительные приборы и датчики, которые анализируют различные параметры, например освещенность, окружающую температуру, количество людей в комнате, и на основе полученных данных выбираются режимы освещения. Чаще всего такие системы делают акцент на уменьшение энергопотребления системы освещения. Однако сейчас существует тенденция на создание среды, ориентированной на состояния человека, а энергосбережение уходит на второй план.

Доказано, что невизуальные эффекты освещения влияют на настроение, концентрацию, умственную и физическую работоспособность человека, циркадные ритмы. Из представленных на рынке продуктов можно выделить те, которые на основе данных из внешней среды подбирают такие параметры освещения, которые будут позитивно сказываться на психофизиологическом состоянии человека. Например, адаптивная система, приближающая искусственное освещение к естественному с помощью анализа цвета неба и определения его коррелированной цветовой температуры [1]. Благодаря этому достигается гармонизация циркадных ритмов, которые играют большую роль во многих биологических процессах организма. Современные системы освещения чаще всего не включают модули, которые работают с объективно полученными данными о состоянии человека, так как используют датчики параметров внешней среды. Анализ рынка устройств биомониторинга доказывает, что существующие портативные смарт-устройства способны обеспечить мониторинг состояния человека в режиме реального времени. Интеграция таких устройств в адаптивные системы освещения позволяет точно определять самочувствие человека, корректировать и поддерживать его с помощью искусственного освещения.

В данном исследовании предлагается внедрение фитнес-браслетов для определения подходящего пользователю режима освещения, в зависимости от актуального в конкретный момент времени фактора адаптации, например повышения работоспособности или снятия стресса. Фитнес-браслет, объединяющий несколько датчиков биомониторинга, измеряет частоту сердечных сокращений, учитывает частоту дыхания, сердечных сокращений, качество и количество сна, определяет уровень стресса человека. Количество и качество сна помогут

определить, насколько утомлен человек и отследить динамику изменения качества сна в зависимости от влияния искусственного освещения. Например, пульс становится ниже, когда человек находится в спокойном, расслабленном состоянии и повышается при стрессе, физической и эмоциональной активности.

Эффективное воздействие на психофизиологическое состояние достигается за счет изменения цветовой температуры и освещенности. Известно, что нейтральное освещение (4000 К) существенно не влияет на активность или релаксацию, высокая температура (более 5000 К) повышает активность и продуктивность, уменьшая сонливость, а низкая цветовая температура (2500–3000 К) успокаивает возбужденное состояние и оказывает регенерирующее воздействие на ресурсы организма [2]. Исследования так же доказывают, что поддержание работы циркадных ритмов возможно с помощью изменения таких параметров как освещенность и коррелированная цветовая температура. Например, было выяснено, что подавление мелатонина в условиях "холодного" освещения (6000 К) сильнее в вечернее и ночное время (с 9 до 12 ночи), чем при воздействии "теплого" освещения (3000 К) в то же самое время. Кроме этого, высокие значения освещенности вечером приводили к нарушению циркадных ритмов и более позднему времени засыпания [3]. На основе существующих исследований были выбраны используемые световые режимы:

- максимальная работоспособность (1000 лк, 7000 К);
- работоспособность (750 лк, 6500 К);
- стандарт (500 лк, 4000 К);
- релаксация (350 лк, 3500 К);
- максимальная релаксация (275 лк, 2700 К).

Дополнительно к устройствам биомониторинга стоит добавить использования психологических методик в качестве фоновых замеров, для более точного определения психофизиологического состояния пользователей и отслеживания результатов в долгосрочной перспективе. В зависимости от цели, места использования и пользователей системы, могут быть выбраны соответствующие разные опросники, отслеживающие конкретные параметры, которые важно контролировать в каждом определенном случае.

Выбор режимов освещения с помощью получаемых параметров состояния человека так же зависит от контекста ситуации, в которой используют адаптивную систему. В качестве примера рассмотрена стандартная ситуация, в которой система освещения находится в доме у пользователя. Человек может либо работать из дома, возвращаться вечером после рабочего дня, либо отдыхать в выходной. В качестве ключевого параметра был выбран индекс стресса в диапазоне от 0 до 100, представленный на рисунке 1, который можно получить с помощью браслетов Xiaomi Mi Band 5 и последующих моделей.

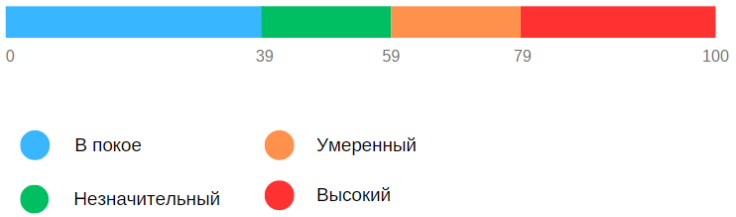


Рис. 1. Шкала индекса стресса

На рисунке 2 представлена схема выбора режимов в зависимости от получаемых параметров.

Пробуждение человека начинается с постепенного включения режима "Максимальная работоспособность", после которого происходит возвращение в режим "Стандарт". При значении параметра количества сна менее шести часов не удастся добиться эффективного воздействия световых режимов, поэтому в такой ситуации использование специальных режимов исключается. День человека делится на две половины, в каждой из которых есть свои особенности. В первую половину возможно использование режима "Работоспособность" при низких значениях индекса стресса для увеличения работоспособности человека. Во вторую половину дня рационально исключить активирующие работоспособность световые режимы и

обратить внимание на необходимость использования режимов для релаксации. Использование специальных режимов (активирующих работоспособность или расслабляющих) возможно один раз в каждую половину дня, для избежания негативного долгосрочного воздействия.

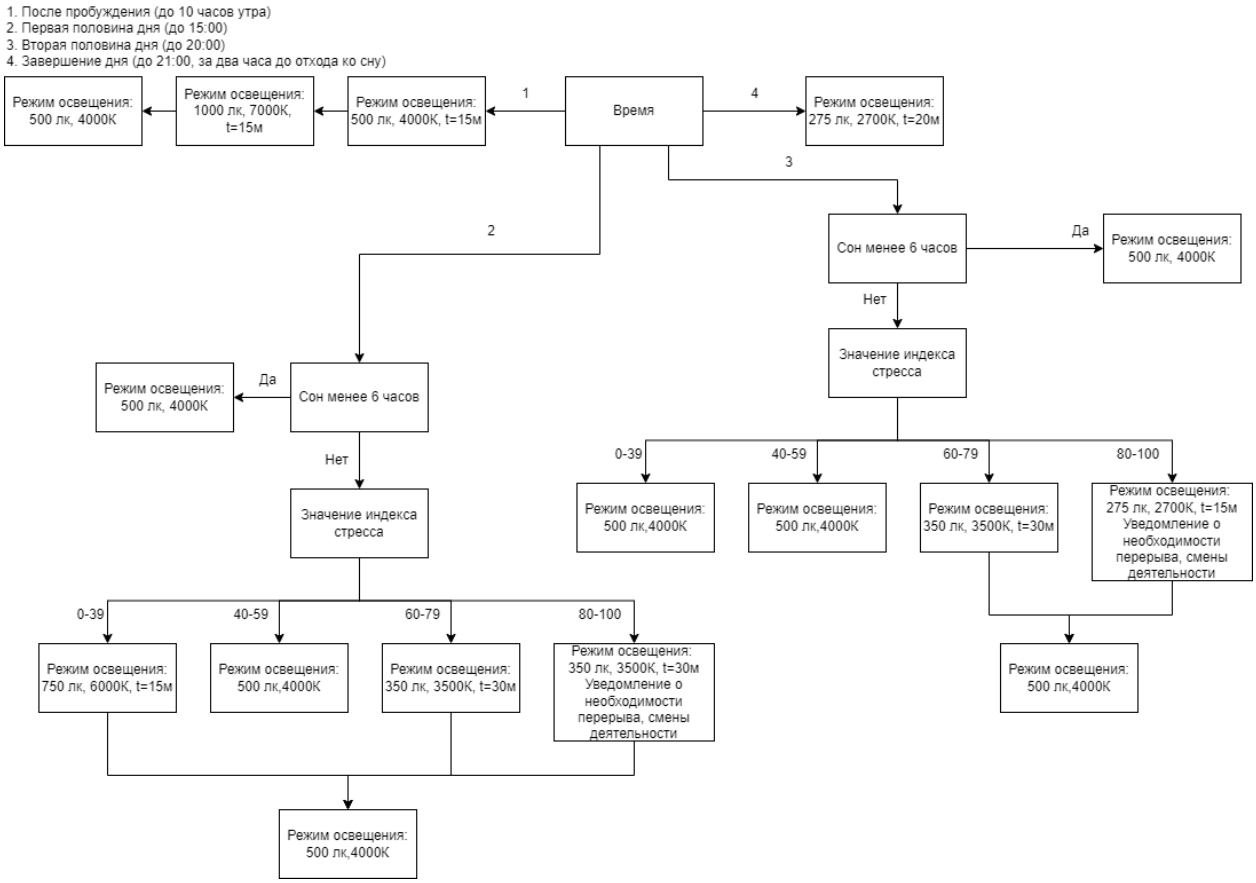


Рис. 2. Механизм выбора режимов освещения

Использование режимов освещения, ориентирующихся на состояние человека, будет полезно как при персональном использовании дома, так и на рабочих местах сотрудников, с помощью создания высокопроизводительных условий труда, с сохранением баланса между работой и отдыхом. Фокус на улучшении показателей здоровья и производительности повысит эффективность и благополучие сотрудников. В данном случае система адаптивного освещения выполняет не только функциональную роль, то есть динамически освещает пространство, но и играет роль постоянной системы контроля за самочувствием пользователей. В перспективе возможно масштабирование системы освещения с помощью внедрения дополнительных параметров, получаемых со смарт-устройств и субъективных оценок состояния с помощью опросов.

Список использованных источников

1. Catalbas M.C. Environment adaptive lighting systems for smart homes // Advances in Science and Technology. Research Journal. 2017. Т. 11. №. 3. DOI: 10.12913/22998624/76449.
2. Водопьянова Н.Е., Басов О.О., Гофман О.О., Рослякова С.В., Лаушкина А.А., Чесноков В.Б. К вопросу проектирования адаптивных систем освещения с учетом психического состояния субъекта труда в многопользовательском пространстве // Современное состояние и перспективы развития психологии труда и организационной психологии. 2021. С. 1083–1102.
3. Hong S.K., Kim K.S., Kim I.T., Choi A.S. Melatonin Suppression under LED Lighting Focused on Spectral Power Distribution Differences // Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers. 2015. Т. 29. №. 8. С. 7–17.

УДК 004.04

ПЛАНИРОВАНИЕ ПОРОДНОГО СОСТАВА ЗЕЛЕНЫХ НАСАЖДЕНИЙ НА УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ С УЧЕТОМ ПОПУЛЯЦИОННОГО ВЛИЯНИЯ ИНВАЗИВНЫХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ

Копыть Н.М.[1] *(студент)*

Научный руководитель – кандидат технических наук Митягин С.А.[1]

[1]*Университет ИТМО*

e-mail: 337699@niuitmo.ru

Работа выполнена в рамках темы НИР №622263 «Планирование видового состава городских зеленых насаждений при помощи сетевого моделирования»

В работе рассмотрено применение популяционного влияния инвазивных видов растений при грамотном, сдерживающем выращивании для озеленения урбанизированных территорий, что обоснованно способностью инвазивных видов произрастать на территориях с негативными условиями окружающей среды, а также создавать благоприятные микроклиматические условия, снижающие возможное влияние лимитирующих факторов на территории для произрастания соседствующих видов растений.

Ключевые слова
Городское озеленение, инвазивные виды, грамотная технология культивирования, классификация территорий, озеленение урбанизированных территорий, негативные условия окружающей среды.

Городские зеленые насаждения Санкт-Петербурга обширны по видовому разнообразию. Путем освоения территории, человеком было индродуцированно множество видов растений, многие из которых стали инвазивными и приняли опасную тенденцию к распространению и вытеснению местных видов.

Грамотный подбор породного состава растений для озеленения территорий является трудоемким процессом, который производится в настоящее время методом ручного подбора ассортимента растений профессионалами или обывателями. В некоторых случаях данный процесс сводится к неграмотному подбору, влекущему за собой крупные экономические затраты и потери. На предотвращение таких потерь направленно данное исследование и разработка метода подбора породного состава древесных, кустарниковых и травянистых растений для объектов зеленых насаждений.

В рамках исследования не ведется ограничение использования метода на определенную территорию, но все первичные тесты и подобранные перечни ассортиментов растений, влекущие на первичном этапе ручную перепроверку, относятся к Северо-Западному региону РФ и Санкт-Петербургу, в частности.

Исконно природных местных видов древесно-кустарниковых растений данного региона не так много, главным фактором образования исторических биотопов служила заболоченность территории. Основными местными видами территории Санкт-Петербурга являются: береза плакучая, береза пушистая, ель обыкновенная, ива козья, ольха серая, ольха черная, сосна обыкновенная, тополь дрожащий (*betula pendula, betula pubescens, picea abies, salix caprea, alnus incana, alnus glutinosa, pinus sylvestris, populus tremula*) и другие некоторые виды семейства ивовых, которые не были завезены из стран азиатской части Евразии в период расцвета торговых путей [1, 2].

Видами, имеющими тенденцию к инвазии в условиях произрастания в Северо-Западном региона РФ (рис. 1, 2, 3) на территориях зеленых насаждений Санкт-Петербурга и Ленинградской области можно считать: астра степная, дерен белый, золотарник канадский, ива

козья, карагана древовидная, клен ясенелистный, лох смешиваемый, люпин многолистный, малина душистая, облепиха крушиновидная, подсолнечник клубненосный, рейнутрия сахалинская, рейнутрия японская, рудбекия рассеченолистная, тополь белый, тополь дрожащий, шиповник морщинистый, шиповник колючейший (*aster amellus, cornus alba, solidago canadensis, salix caprea, caragana arborescens, acer negundo, elaeagnus commutate*, *lupinus polyphyllus*, *rubus odoratus, hippophae rhamnoides, helianthus tuberosus*, *reynoutria sachalinensis, reynoutria japonica, rudbeckia laciniata, populus alba, populus tremula, rosa rugosa*, *rosa spinosissima*) [3, 4].

Рис. 1. Распространение подсолнечника клубненосного на ул. Кораблестроителей, Санкт-Петербург

Рис. 2. Распространение облепихи крушиновидной. Южный намыв, Санкт-Петербург

Рис. 3. Распространение лоха смешиваемого, дер. Добручи. Ленинградская область

Данные виды склоны к опасному инвазивному распространению в условиях искусственных зеленых насаждений на территории Северо-Западного региона РФ по причине агрессивного вытеснения и затмевания развития соседствующих видов растений [5]. Использование приведенных видов в зеленых насаждениях крайне опасно, но возможно при условии классификации их по типу распространения и применения метода к регулирующему сдерживанию при произрастании.

В рамках исследования была обобщена классификация распространения инвазивных видов древесных, кустарниковых, травянистых растений на три стратегии распространения: надземный, наземный и подземный. Классификация на данные три стратегии, указанная в таблице 1, способствовала созданию грамотного применения метода выращивания с учетом условий распространения конкретного вида для использования инвазивных видов в условиях с нейтральной и/или негативной характеристикой совокупных признаков окружающей средой.

В исследовании ведется упор на грамотное применение инвазивных видов со строгим учетом их популяционного возможного влияния на соседствующие виды и развития на территории.

Перед подбором ассортимента растений для озеленения, выбранную территорию нужно классифицировать по лимитирующим факторам, их наличию и степени влияния. В них входят: почвенно-грунтовые условия, механический состав почвы, дымо- и газоустойчивость, степень инсоляции, режим средней максимально низкой температуры на выбранной территории и другим лимитирующим факторам по подбору древесно-кустарниковых растений. Если территория не подпадает под обычную классификацию, можно прибегнуть к еще одной классификации по описанию состояния окружающей среды по обобщенной совокупной характеристике, которая непосредственно будет связана с возможностью произрастания растений на выбранной территории. Классификация приведена в табл. 2. Именно на этапе данной классификации возможно последующее использование при грамотном выращивании инвазивных видов растений.

Таблица 1

Классификация распространения инвазивных видов растений

Распростра-нение	Размножение	Характеристика произрастания[1]	Возможность использования[2]	Примеры
Надземное	Семенное Вегетативное	Чрезвычайно опасны и легко распространяются бесконтрольно разбрасыванием семян	Запрещено	Борщевик сосновского[3], люпин многолистный[3]
Наземное	Вегетативное	Распространение и предотвращение инвазии контролируется путем надсмотра за территорией и границами, отданными для произрастания видов, для пресечения неконтролируемого произрастания возможно использование методов: перекопки с уничтожением прикорневой поросли; многократным за вегетативный сезон покосом	Укрепление уклонов ландшафта, стабилизация песчаных склонов, терриконов	Дерен белый, шиповник морщинистый, облепиха крушиновидная (однополые посадки м или ж особей на территории)
Подземное	Корневыми отпрысками; Вегетативное	Агрессивное распространение может контролироваться путем высадки в кадки, технические горшки и ленточные устройства для предотвращения неконтролируемого распространения на неустановленную территорию	Декоративное озеленение	Подсолнечник клубненосный[4], дерен белый (сортовые формы), рудбекия блестящая и др.

[1]Характеристики произрастания инвазивных видов являются описательными и построены на выводах натурных наблюдений за поведением и развитием видов относимых к инвазивным на территории Северо-Западного региона РФ.

[2]Определение возможности применения данной классификации сводится к исследованию, проведенному на территории Северо-Западного региона РФ, по теме распространения инвазивных видов растений в условиях произрастания на искусственно созданных зеленых насаждениях. Подтверждено натурными наблюдениями за качественными характеристиками произрастания видов растений, которые можно использовать в рамках создания озеленения и решению проблем, связанных с возлагаемыми функциональными нагрузками на растения.

[3]Наличие доминирующего по распространению семенного размножения запрещает использования инвазивного вида, по причине трудоемкости сдерживания бесконтрольного произрастания путем надземного распространения.

[4]Подсолнечник клубненосный при произрастании на территории Северо-Западного региона РФ не успевает вызревать семенами и распространяется вегетативным подземным путем делением и развитием клубней.

При классификации территории по совокупным признакам для получения информации о степени состояния окружающей среды мы получаем возможность к использованию инвазивных видов растений при грамотном сдерживающем методе культивирования, если территория обладает нейтральной и/или негативной окружающей средой и произрастание других интродуцированных растений часто невозможно.

Таблица 2

Классификация окружающей среды для произрастания растений на основе признаков выбранной территории под озеленение

№	Признаки территории или производимые работы на ней (обладание признаком или производимыми работами классифицируют условия окружающей среды для растений на территории)	Обобщённая характеристика окружающей среды	Примеры территорий	Использование растений из перечня видов, имеющих тенденцию к инвазии на территории Северо-Западного региона РФ и их воздействие на соседствующие виды
1.	Плодородная почва	Благоприятная	Природные биотопы; Крупные сады и парки; Лесной фонд; Дачные участки и огороды	Нецелесообразно. По причинам сильного пагубного воздействия на соседствующие виды растений и их угнетение
	Механический состав почвы благоприятный к произрастанию			
	Отсутствие неблагоприятных лимитирующих факторов			
	Контроль и изменение ph-реакции нужной для произрастания, поддержка питательного (гумусного) слоя			
	Природная среда			
2.	Наличие внешних пагубных лимитирующих факторов	Нейтральная	Территории малых ЗНОП; Уличное озеленение; Цветники; Кадочное озеленение	Возможно. При применении грамотного подхода к выращиванию, с условиями, препятствующими бесконтрольное произрастание и угнетение соседствующих видов
	Постоянное засоление почвы			
	Контроль ph-реакции и плодородия почвы			
	Сильная антропогенная нагрузка			
3.	Отсутствие плодородного слоя	Негативная	Ново созданные территории; Территории бывшего промышленного или нагруженного антропогенного использования; Загрязненные территории; Территории с трудными внешними лимитирующим и факторами	Возможно. С условиями грамотного выращивания для создания микроклиматических условий для культурных видов внутри популяции инвазивных видов
	Множественные вкрапления на различных слоях почвы антропогенного мусора			
	Наличие обильного перечня пагубных лимитирующих факторов, не поддающихся улучшению			
	Отсутствие произрастающих рудеральных видов			

В статье рассматриваются существующие примеры озеленения на выбранных участках, относящихся к территориям с нейтральной и негативной окружающей средой:

1. Озеленение бывшего промышленного кластера завода «Севкабель», а ныне общественного пространства «Севкабель–Порт» на рисунке 4 Интродуцированными представителями рода клён были созданы малые зеленые зоны, по технологии полного

замещения субстрата для создания благоприятной почвенной среды при посадке. Высаженное на территории озеленение является типичным примером создания зеленых насаждений в настоящее время, точечная посадка редких интродуцентов, влекущих высокие экономические затраты на производимые работы. Данные насаждения насыщены функциональной нагрузкой для психологического разграничения пространства. Производство данных посадок целесообразно и достигло намеченной цели в функциональном формировании уютного разграничения пространства на территории летних террас заведений общественного питания. Пример иллюстрирует типичное создание озеленения с ярко-выраженными экономическими затратами для создания полноценных, качественных работ на объекте по благоустройству и озеленению.

2. Создание зеленых зон на южных намывных территориях Невской губы Финского залива на рисунке 5. На данной территории силами застройщика были разбиты три парковых участка с посадками сосны обыкновенной. Территория намыва является ново созданной территорией и представляет собой песок донных отложений, перемешанный с карьерным песком. Намеченной функциональной нагрузкой данных насаждений является создание зеленых насаждений, несущих рекреационную нагрузку, но они также должны обеспечивать сдерживание поднятия песочных масс в воздух. С данной функцией сосна обыкновенная не может справиться по причине строения хвои и отсутствия густой кроны. Данные насаждения существуют по причине присутствующего ухода и полива. Пример иллюстрирует обывательский подход к созданию озеленения, где по причине подбора не подходящего ассортимента растений под негативные условия окружающей среды функциональная нагрузка на озеленение не выполняет нагруженную функцию и несет большие экономические затраты на уходы по состоянию за зелеными насаждениями.

Рис. 4. Озеленение территории общественного пространства «Севкабель-Порт». Санкт-Петербург

Рис. 5. Озеленение ново созданных территорий южного намыва Невской губы. Санкт-Петербург

Методика с посадкой растений в неподготовленный или загрязненный субстрат без его замены для произрастания растений связана с высокими экономическими и материально затратными ресурсами на такие статьи расходов как: замещающие посадки последующего отпада и ухода, в которые входят многократные: поливы, подкормки, обрезки. Технология с полным замещением субстрата на таких крупных территориях как намывные невозможна по причине нецелесообразности привоза плодородной земли в таком объеме. Также существующие методики не сравнятся с низкими затратами материальных и трудозатратных ресурсов при грамотном, сдерживающем выращивании инвазивных видов растений на территориях с негативными условиями окружающей среды.

В качестве источника информации по характеристикам видов растений была выбрана «База данных породного состава», созданная в лаборатории технологий умного города на базе института дизайна и урбанистики Университета ИТМО. Отрывок базы данных представлен на рисунке 6.

			Зона USDA													Лимитирующие факторы					
	Наименование	*Латинское название*	USDA1	USDA2	USDA3	USDA4	USDA5	USDA6	USDA7	USDA8	USDA9	USDA10	USDA11	Высота	Размер кроны	к переуплотнению	зость к засолению	ст. к пересыханию	ст. к подтоплению	Газостойкость	етроустойчивость
1	2	3												15	16	17	18	19	20	21	22
222	Микробиота перекрёстнопар	*Microbiota decussata Kom.*			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-1	-1	0	-1	0	1
223	Миндаль трехлопастной	*Louiseania triloba (Lindl.) Pachom.*					0	1	1	1	1	1	1	3	3						0
224	Можжевельник виргинский	*Juniperus virginiana L.*			1	1	1	1	1	1	1	1	1	20	7	0	-1	1	-1	1	1
225	Можжевельник высокий	*Juniperus excelsa M. Bieb.*		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	5	0	-1	1	-1	1	1
226	Можжевельник горизонталь	*Juniperus horizontalis Moench*						1	1	1	1	1		0.5	1.5			0		0	1
227	Можжевельник казацкий	*Juniperus sabina L.*			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	-1	1	-1	1	1
228	Можжевельник китайский	*Juniperus chinensis L.*						1	1	1	1	1		25	7	0	-1	1	-1	1	1
229	Можжевельник красный	*Juniperus oxycedrus L.*								1	1	1		6	1	0	-1	1	-1	1	1
230	Можжевельник обыкновенн	*Juniperus communis L.*		1	1	1	1	1	1	1	1	1		5	3	0	-1	1	-1	1	1
231	Можжевельник сибирский	*Juniperus sibirica Burgsd.*	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	2	-1	-1	1	-1	1	1
232	Можжевельник твёрдый	*Juniperus rigida Siebold & Zucc.*	-1	-1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	8	2	0	1	1	-1	1	1
233	Облепиха крушиновидная	*Hippophae rhamnoides L.*	0	0	1	1	1	1	1	1	0	-1	-1	6	3	1	0	-1	-1	0	1
234	Ольха бородатая	*Alnus barbata C.A. Mey.*	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	-1	30	10	1	1	0	1	1	1
235	Ольха серая	*Alnus incana (L.) Moench*	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	-1	20	5	1	1	0	1	1	1
236	Ольха чёрная	*Alnus glutinosa (L.) Gaertn.*	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	-1	25	5	-1	1	0	1	1	1
237	Орех айлантолистный	*Juglans ailanthifolia Carriere*	-1	-1	-1	0	1	1	1	1	1	1	0	20	10	-1	-1	0	-1	1	1
238	Орех грецкий	*Juglans regia L.*	-1	-1	-1	-1	-1	0	1	1	1	1	0	20	10	-1	-1	0	-1	0	1
239	Орех Маньчжурский	*Juglans mandshurica Maxim.*	-1	-1	-1	0	1	1	1	1	1	1	0	25	10	-1	-1	-1	-1	1	1
240	Орех серый	*Juglans cinerea L.*	-1	-1	-1	0	1	1	1	1	1	1	0	30	10	-1	-1	1	-1	1	1
241	Орех чёрный	*Juglans nigra L.*	-1	-1	-1	0	1	1	1	1	1	1	0	30	10	-1	-1	0	-1	1	1
242	Павловния войлочная	*Paulownia tomentosa (Thunb.) Ste*	-1	-1	-1	-1	0	1	1	1	1	1	0	20	10	-1	-1	0	0	1	1
243	Парротия персидская	*Parrotia persica (DC.) C.A. Mey.*	-1	-1	-1	-1	0	1	1	1	1	1	0	20	7	-1	-1	1	-1	1	1
244	Персик обыкновенный	*Persica vulgaris Mill.*	-1	-1	-1	-1	0	1	1	1	1	1	1	4	2	-1	-1	0	-1	0	0
246	Пихта бальзамическая	*Abies balsamea (L.) Mill.*	-1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	15	5	-1	-1	-1	0	0	1

	Состав почвы: Кислотность							ородие			Разновидности почв											Свет			Влажность		
	Сильнокислые (4)	Кислые (5)	Слабокислые (6)	Нейтральные (7)	лабощелочные (8)	Щелочные (9)	ьнощелочные (10)	Плодородная	дне плодородные	Бедные почвы	Песчаная	Супесчаная	Суглинистая	Глинистая	Каменистые	Щебнистые	Тяжёлая	ıо дренированная	Агресс-ть развития	Живучесть	Инвазивный вид	олное освещение	Полутень	Тень	Ксерофит	Мезофит	Гигрофит
1	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
222	1	1	1	1	1	-1	-1	0	1	-1	-1	1	-1	-1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	-1	1	-1
223				1	1	1		1				1	1								0	1				1	
224	1	1	1	0	-1	-1	-1	1	1	0	-1	0	1	1	0	0	-1	1	-1	1	0	1	1	-1	-1	1	-1
225	1	1	1	1	-1	-1	-1	1	1	0	-1	0	1	1	0	0	-1	1	-1	1	0	1	1	-1	-1	1	-1
226		1	1	1				0	1	0		1			1	1		1		1		1	1	0		1	
227	1	1	1	0	-1	-1	-1	1	1	0	-1	0	1	1	0	0	-1	1	-1	1	0	1	1	-1	-1	1	-1
228	1	1	1	0	-1	-1	-1	1	1	0	-1	0	1	1	0	0	-1	1	-1	1	0	1	1	-1	-1	1	-1
229	1	1	1	0	-1	-1	-1	1	1	0	-1	0	1	1	0	0	-1	1	-1	1	0	1	1	-1	-1	1	-1
230	1	1	1	0	-1	-1	-1	1	1	0	-1	0	1	1	0	0	-1	1	-1	1	0	1	1	-1	-1	1	-1
231	1	1	1	0	-1	-1	-1	1	1	0	-1	0	1	1	0	0	-1	1	-1	1	0	1	1	-1	-1	1	-1
232	1	1	1	1	-1	-1	-1	1	1	0	-1	0	1	1	0	1	1	1	-1	1	0	1	1	-1	-1	1	-1
233	-1	0	0	1	1	0	-1	1	1	0	1	1	0	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	-1	1	-1
234	-1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	-1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	-1	-1	1	0
235	-1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	-1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	-1	-1	1	1
236	-1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	-1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	-1	-1	1	1
237	-1	-1	1	1	0	-1	-1	1	0	-1	-1	1	1	0	-1	-1	-1	1	-1	1	0	1	1	0	-1	1	-1
238	-1	-1	1	1	1	1	-1	1	1	0	-1	1	1	-1	0	0	-1	1	-1	0	0	1	1	-1	-1	1	-1
239	-1	-1	1	1	1	-1	-1	1	0	-1	-1	1	1	0	-1	-1	-1	1	-1	1	0	1	1	0	-1	1	-1
240	-1	-1	0	1	1	0	-1	1	1	0	0	1	1	-1	-1	-1	-1	1	-1	1	0	1	1	0	-1	1	-1
241	-1	-1	1	1	1	0	-1	1	1	0	0	1	1	-1	-1	-1	-1	1	-1	1	0	1	1	0	-1	1	1
242	-1	-1	0	0	0	-1	-1	1	1	0	-1	1	1	-1	-1	-1	-1	1	-1	0	0	1	-1	-1	-1	1	-1
243	-1	-1	1	1	0	-1	-1	1	1	0	1	1	-1	-1	0	0	-1	1	-1	1	0	1	0	-1	-1	1	-1
244	-1	-1	1	1	1	-1	-1	1	0	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	-1	1	-1	1	0	1	-1	-1	-1	1	-1
246	0	1	1	0	-1	-1	-1	1	1	0	-1	1	0	0	-1	-1	-1	0	-1	0	0	0	1	0	-1	1	-1

Рис. 6. Отрывок из Базы данных породного состава зеленых насаждений

В ходе исследования удалось произвести натурный эксперимент в рамках создания прецедентных условий по выращиванию инвазивного вида с учетом сдерживания и создания его популяцией микроклиматических условий для произрастания других видов растений. Для эксперимента был выбран Подсолнечник клубненосный *Helianthus tuberosus* L. высаженный в технические горшки, предотвращающие распространение клубней на неопределенную территорию, в субстрат состоящий из урбанозема: мелкой, рыхлой супесчаной структуры, высаженный на территории с нейтральными условиями окружающей среды, условиями полной палящей освещенностью, легкой ветровой нагрузкой от постоянно перемещающегося автомобильного транспорта вблизи проезжей части со среднеинтенсивной нагрузкой и средней загазованностью. С целью первичного эксперимента по выращиванию инвазивного вида в условиях с нейтральной и/или негативной окружающей средой. Отмечены два покоса под корень за сезон выращивания с полноценным восстановлением зеленой массы. Ведется дальнейшее наблюдение. Выводом эксперимента может послужить возможность применения метода по выращиванию инвазинвых видов растений на уранизированных территориях с негативными и/или нейтральными условиями окружающей среды.

В дальнейшем развитии исследования планируется обобщение знаний по инвазивным видам растений, создание методов грамотного сдерживания при выращивании уже существующих одичалых инвазий, а также методов по озеленению городских территорий с наименьшими экономическими затратами и документальному регистрированию правил по озеленению зон зеленых насаждений общего пользования, заложенных в перспективном развитии при мастер-планировании и градостроительному проектированию.

Исследовательское направление, сфокусированное на контроль, качественное развитие и создание правил, связанных с зонами зеленых насаждений, являющихся неотъемлемым аспектом городской среды, как никогда актуально в наше время, с учетом возрастания запроса на комфортную городскую среду и количественное увеличение крупнейших проектов, связанных с благоустройством и созданием комфортной городской среды. Научная значимость подхода к решению проблемы заключается в междисциплинарном подходе и уникальном решении с внедрением средств машинной обработки в качестве подборщика перечня породного состава для выбранной территории, которые позволяют разнообразить и расширить перечень видов, а также усмотреть аспекты подбора, приводящие к негативным последствиям.

Список использованных источников

1. Белехов А.А. Инвазионные и потенциально инвазионные растения Санкт-Петербурга // Заметки ученого. 2021. №. 9-1. С. 47–61.
2. Фирсов Г.А., Бялт В.В. Обзор древесных экзотов, дающих самосев в г. Санкт-Петербурге (Россия) // Российский журнал биологических инвазий. 2015.№. 4/2015. С. 129–152.
3. Цвелёв Н.Н. Натурализация адвентивных и культивируемых видов сосудистых растений в Северо-Западной России // Инвазии чужеродных видов в Голарктике. Материалы российско-американского симпозиума по инвазионным видам. Борок, 27–31 августа 2001 г. Борок. 2003. С. 125–138.

4. Priede A. Distribution of some invasive alien plant species in riparian habitats in Latvia //Botanica Lithuanica. 2008. T. 14. №. 3. Pp. 137–150.
5. Pyšek P., Pergl J., Essl F., Lenzner B., Dawson W., Kreft H., Weigelt P., Winter M., Kartesz J., Nishino M., Antonova L.A., Barcelona J.F., Cabezas F.J., Cárdenas, D., Cárdenas-Toro J. Naturalized and invasive alien flora of the world: species diversity, taxonomic and phylogenetic patterns, geographic distribution and global hotspots of plant invasion // Preslia. 2017. Vol. 89/2017. Pp. 203–274.

УДК 004.89

РАЗРАБОТКА BI-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ ОТЧЕТНОСТИ КОМПАНИИ

Кощеев В.А.[1] *(студент)*

Научный руководитель – доктор экономических наук, профессор Максимова Т.Г.[1]

[1]*Университет ИТМО*

e-mail: kosheeff.vladislav@yandex.ru

В статье рассматривается процесс создания BI-приложения для консолидации экономических данных и автоматизации алгоритмов по предрасчету данных с целью формирования управленческой отчетности в компании ООО "Газпромнефть-Региональные продажи". Для реализации приложения рассматриваются особенности управленческой отчетности и предъявляемые к ней требования, а также обосновывается выбор Business Intelligence в качестве инструментов для создания такого приложения.

Ключевые слова
Управленческая отчетность, Business Intelligence, архитектура приложения, преобразование данных, автоматизация.

Функционирование любой современной компании неразрывно связано с необходимостью проводить учет результатов ее деятельности, анализировать возникающие проблемы, а также планировать свою деятельность в будущих периодах. Целью таких мероприятий является принятие грамотных управленческих решений и повышение конкурентоспособности компании на рынке. Основными видами учета, которые позволяют анализировать протекающие бизнес-процессы и оценивать текущее состояние организации, являются бухгалтерский учет и управленческий учет.

В отличие от бухгалтерского учета, управленческий учет является необязательным. Управленческий учет нацелен в первую очередь на внутренних пользователей организации и позволяет формировать собственные методики по анализу бизнес-процессов.

Формирование отчетности в современных средних и крупных компаниях, которые в результате своей деятельности генерируют большие объемы информации, невозможно без применения информационных систем и технологий. Выбор таких систем и технологий может зависеть от множества факторов, а каждый из вариантов имеет собственные преимущества и недостатки.

В данной статье рассматриваются критерии, предъявляемые к управленческой отчетности для принятия взвешенных управленческих решений в организации, а также приводится обоснование того, что инструменты и технологии класса Business Intelligence (BI) в полной мере удовлетворяют этим критериям.

Целью исследования является анализ возможности и целесообразности использования BI-инструментов для формирования управленческой отчетности на примере реализации BI-приложения в компании ООО «Газпромнефть-Региональные продажи».

До сих пор в научном сообществе не сложилось единого понятия того, что можно относить к технологиям и инструментам Business Intelligence, в следствие чего существуют различные трактовки данного понятия у разных авторов [1]. Впервые данный термин был употреблён в 1958 году в статье Х.П. Луна. Он определил Business Intelligence как способность принимать управленческие решения на основании фактических данных, то есть интеллектуальное принятие решений [2].

На сегодняшний день одним из наиболее универсальных и полных определений Business Intelligence является следующая формулировка: совокупность приложений, технологий и

процессов, позволяющих осуществлять сбор, анализ, представление и распространение экономических данных [3]. Данная формулировка максимально широко описывает сущность бизнес-аналитики. При этом часть определений рассматривает BI только как процесс, как процесс и продукт, как процесс, продукт и технологии. Анализ различий данных подходов к формулировке приведён в работе «Towards an understanding of business intelligence» [4].

Формируемая в компаниях управленческая отчетность является основой для анализа и принятия решений по управлению организацией, что накладывает на нее необходимость удовлетворять нескольким критериям [5]:

- полнота информации – имеющихся данных должно быть достаточно для необходимости достижения поставленных целей по анализу данных;
- достоверность информации – предоставляемые данные должны характеризовать результат деятельности организации, должны быть основаны на реальных фактах и объективно описывать ситуацию;
- оперативность – необходимость оперативного формирования управленческой отчетности с целью максимально быстрого реагирования управленческого персонала на возникающие риски и открывающиеся возможности;
- простота восприятия – представление информации должно быть логичным, лаконичным и доступным для восприятия с целью сокращения времени анализа данных, формирования понимания общего состояния организации.

В компании ООО «Газпромнефть-Региональные продажи» на протяжении многих лет в качестве наиболее эффективных инструментов в поддержке формирования управленческой отчетности используются BI-инструменты. Технологии и продукты BI позволяют формировать управленческую отчетность компании с учетом тех критериев, которые к ней выдвигаются.

Критерий полноты информации обеспечивается за счет широких возможностей BI-инструментов, которые позволяют осуществлять подключение практически к любым источникам данных – как системным источникам в виде различных информационных систем, так и несистемным источникам в виде пользовательских документов – электронных таблиц, файлов формата csv, xml, json и др.

Достоверность информации основывается на том, что основные источники информации: транзакционные системы, системы коммерческого, налогового и бухгалтерского учетов – содержат уже верифицированную информацию. Кроме того, в алгоритм обработки данных могут быть заложены различные проверки на качество данных, что позволяет постоянно контролировать их достоверность и выявлять ошибки в случае их наличия.

Оперативность формирования данных обеспечивается за счет возможностей разделения алгоритмов обработки данных на отдельные этапы, гибкой настройки частых обновлений всей цепочки данных от источника до пользовательского приложения.

Простота представления информации при использовании BI-инструментов обеспечивается за счет использования различных таблиц, графиков, диаграмм, списков и других объектов, которые позволяют агрегировать и отображать наиболее важную информацию в простом и доступном виде. С помощью BI можно проектировать информационные панели любого уровня сложности, при этом достигая простоты и доступности для пользователя в визуализации информации.

Использование BI-инструментов позволяет значительно автоматизировать процесс формирования управленческой отчетности и снизить временные и трудовые затраты на её подготовку. Кроме того, BI обеспечивает необходимую гибкость методик формирования отчетности. Особенностью крупных организаций является наличие большого количества постоянно меняющихся бизнес-процессов, которые непосредственным образом влияют на необходимость постоянной корректировки методик. В таких случаях использование стандартных информационных систем, даже наиболее функциональных, обычно затруднено, поскольку они либо не могут предоставить всех возможностей по формированию управленческой отчетности, либо изменения сложно выполнимы в ограниченные сроки и являются дорогостоящими. Использование некоторых технологий и продуктов BI позволяет

приблизиться к концепции «BI как код» и реализовывать практически любые требования бизнес-пользователей за счет консолидации информации из различных источников и возможности внедрять алгоритмы обработки данных при помощи написания программного кода. Кроме того, в ряде случае пользователи информационных панелей имеют возможность самостоятельно редактировать формулы выражений, рассчитывать дополнительные показатели и создавать новые отчеты и элементы визуализации. Такие возможности позволяют при необходимости в краткие сроки протестировать гипотезы и получить данные для отчетности, не прибегая помощи системных аналитиков и разработчиков.

Целью реализации нового BI-приложения является создание инструмента для автоматизации процесса формирования управленческой отчетности и формирования единой витрины экономических данных. Создание такого инструмента позволит увеличить скорость формирования управленческой отчетности, снизить количество трудозатрат, необходимых для её формирования, и повысить качество анализа данных за счет расчета дополнительных показателей и использования более детальных измерений.

В качестве BI-платформы была выбрана система QlikView, имеющая собственный инструмент ETL («extraction, transformation, loading») для извлечения и преобразования данных, а также позволяющая оптимизировать их хранение и обработку.

Таблица

Источники разрабатываемого приложения

Источник	Подсистема	Описание
система бухгалтерского и налогового учета	база данных, 1С	факты хозяйственной деятельности организации за отчетные периоды с высокой степенью детализации
система планирования и бюджетирования	база данных, 1С	данные, формируемые сотрудниками компании в рамках деятельности по планированию деятельности и бюджетированию
система нормативно-справочной информации	база данных, 1С	справочные данные, мастер-данные, условно-постоянная информация, мигрирующая в другие системы
«Нефтепродукты»	BI-приложение	доходные показатели и показатели себестоимости по реализации нефтепродуктов за отчетный период
«Управление расходами»	BI-приложение	расходные показатели по реализации нефтепродуктов за отчетный период
«Материальный баланс»	BI-приложение	доходные показатели по реализации нефтепродуктов в будущих периодах
«Планирование расходов»	BI-приложение	расходные показатели по реализации нефтепродуктов будущих периодов
«Управление СТиУ»	BI-приложение	доходные показатели по реализации сопутствующих товаров и услуг в будущих периодах
«Сверки ВГО»	шаблоны Excel	данные консолидационных поправок, формируемых уполномоченными сотрудниками
доходные и расходные корректировки	шаблоны Excel	данные, формируемые уполномоченными сотрудниками для внесения поправок к данным системных источников
мэппинги	шаблоны Excel	таблицы соответствий, формируемые заказчиками, для обогащения данных дополнительными аналитиками

Для реализации приложения были проанализированы и сгруппированы в отдельные категории бизнес-требования заказчиков:

- объединение данных из различных источников (баз данных, BI-приложений, пользовательских файлов);
- элиминация внутригрупповых оборотов (ВГО) дочерних обществ компании и формирование консолидированной отчетности всей группы компаний;
- подготовка данных для системы планирования и отчетности;

– обогащение данных дополнительными измерениями и расчет новых показателей;
– создание уменьшенной версии приложения для возможности оперативного формирования управленческой отчетности в период быстрого закрытия.

После формализации бизнес-требований были проанализированы все источники данных разрабатываемого приложения и сформированы системные требования, необходимые для написания программного кода. Описание источников данных приведено в таблице.

После описания источников данных были составлены списки показателей и измерений, в разрезе которых они должны рассчитываться. Для реализации приложения необходимы следующие показатели: объем реализации, доход с НДС (налог на добавленную стоимость) и без НДС, выручка с НДС и без НДС, покупная стоимость с НДС и без НДС, себестоимость, начисленные расходы, списанные расходы, транспортные расходы, маржинальный доход. Основными измерениями данных являются период, организация, сценарий, объект управления, номенклатурная группа, канал продаж, статья расходов, контрагент поставщик, контрагент покупатель, ЦФО (центр финансовой ответственности), МВЗ (место возникновения затрат) и др. Всего для анализа необходимо более 100 измерений.

Основные задачи проектирования и реализации архитектуры BI-приложения состояли в написании скриптов для предрасчетов данных и формирования последовательности обработки данных для сокращения времени их обновления. В скрипты предрасчетов данных закладываются конкретные алгоритмы, необходимые для расчета показателей, формирования дополнительных измерений, выполнения различных проверок и других операций.

Разбиение этапа предрасчета данных на несколько приложений обусловлено большим количеством закладываемых алгоритмов и необходимостью их логического разделения, а также возможностью выполнять отдельные этапы предрасчетов параллельно друг другу и сокращать время обновления данных. Всего было реализовано восемь таких приложений: «Планы», «Факт РФ», «Факт СНГ», «Сегментация», «Объединение данных», «Сверка ВГО», «СПО отчеты», «БДР». Архитектура группы созданных приложений изображена на рисунке 1.

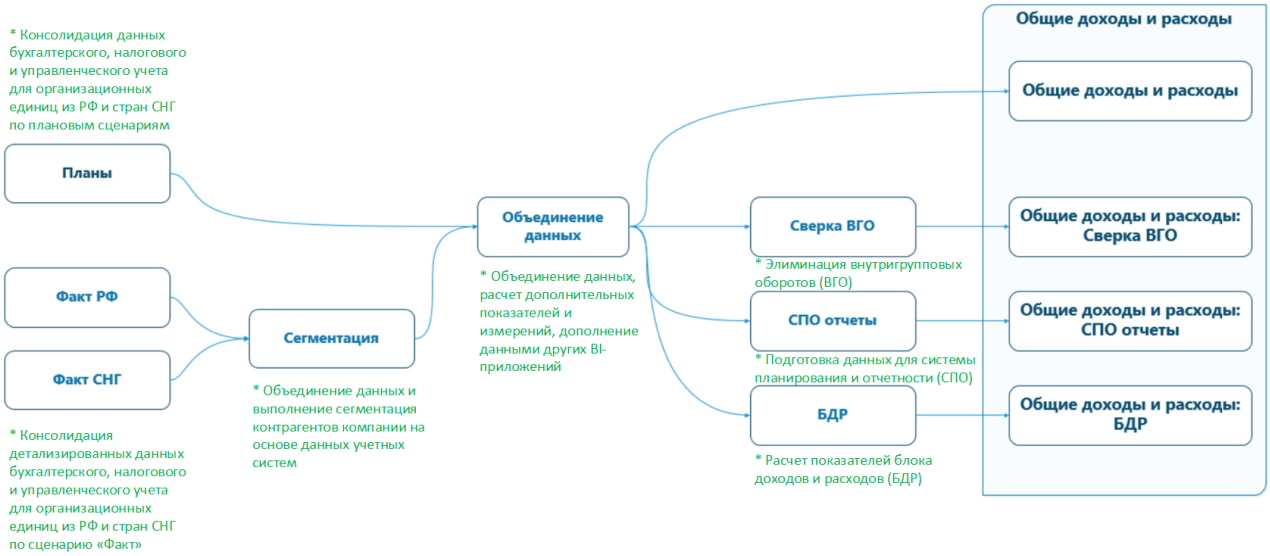


Рис. 1. Архитектура группы приложений

Помимо приложений для предрасчетов данных было написано приложение для экстракции данных из пользовательских документов Excel (более 70 различных файлов). Данное приложение выполняет первичную обработку данных и для оптимального хранения сохраняет их в специальном формате файлов – qvd.

В целях уменьшения объема приложения и снижения избыточной детализации данных было разработано четыре пользовательских приложения, которые состоят из информационных панелей и отчетов в виде сводных таблиц и содержат в себе предрасчитанные данные для конкретных отчетов. Итоговый вид одного из приложений представлен на рисунке 2.

Для удобства открытия приложений пользователями и сокращения времени их поиска на сервере была сформирована иллюзия того, что все дашборды и отчеты собраны в одном приложении. Реализация такого механизма была обеспечена за счет написания макрокоманды на языке программирования VBA (Visual Basic for Application), которая выполняет автоматическое открытие нужного приложения при переходе пользователя на соответствующую вкладку. В приложении созданы отчеты, которые автоматизируют расчеты при составлении управленческой отчетности, отражают результаты проверок качества данных, формируют заполняемые пользователями шаблоны для экспорта в другие программные среды.

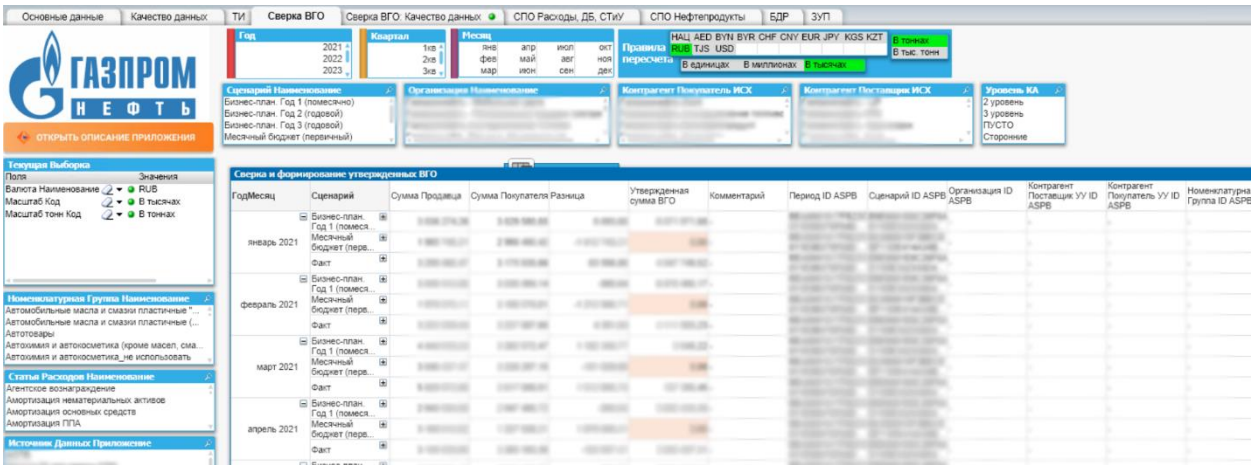


Рис. 2. Приложение для элиминации ВГО

В работе были проанализированы особенности формирования управленческой отчетности, что позволило определить предъявляемые к ней требования. Было обосновано, что использование инструментов BI при консолидации и автоматизации формирования отчетности позволяет удовлетворить эти требования и имеет преимущества по сравнению с другими инструментами.

Для реализации BI-приложения были проанализированы сформулированные заказчиками бизнес-требования, описаны источники данных приложения, его основные измерения и показатели. Техническая реализация приложения состояла в формировании приложений по экстракции и преобразованию данных на этапе предрасчета. Из-за большого объема данных, большого количества алгоритмов обработки данных, а также разных потребностей по частоте обновления все преобразования были разбиты на восемь отдельных приложений, выполняющих предрасчет данных. Для пользователей было реализовано BI-приложение с дашбордами, которое на самом деле состоит из четырех различных приложений. Дополнительно разработана облегченная версия приложения для повышения скорости анализа данных за счет уменьшения времени обработки данных в период «быстрого» закрытия и уменьшения времени отклика пользовательского приложения.

Переход компании на реализацию методик по формированию управленческой отчетности с помощью инструментов BI позволил значительно увеличить детализацию данных и повысить качество анализа данных. За счет наличия собственного ETL-инструмента в QlikView удалось добиться значительной гибкости в формировании методик и сокращения времени их внедрения.

Дальнейшее направление исследования заключается в оценке экономического эффекта от внедрения разработанного BI-приложения в виде снижения количества трудозатрат на формирование отчетности управленческим персоналом.

Список использованных источников

1. Домрачева А.А., Сайбель А.А. Business Intelligence в экономике // Научно-методический электронный журнал Концепт. 2017. №. 2. С. 41–46.
2. Luhn H.P. A Business Intelligence System // IBM Journal of Research and Development. 1958. V. 2. Pp. 314–319.

3. Shollo A., Galliers R. Towards an understanding of the role of business intelligence systems in organizational knowing // Information Systems Journal. 2016. V. 26. Pp. 339–367.
4. Shollo A., Kautz K. Towards an understanding of business intelligence // ACIS 2010 proceedings – 21st Australasian conference on information systems. 11 p.
5. Илышева Н.Н., Крылов С.И., Синянская Е.Р. Учет и финансовый менеджмент: концептуальные основы. – Екатеринбург: Издательство Уральского университета. 2018. 164 с.

УДК 004

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ ТРАНСПОРТНОЙ СВЯЗНОСТИ СИСТЕМ РАССЕЛЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ГОРОДОВ-МИЛЛИОННИКОВ РФ

Лавров И.О.[1] *(аспирант)*

Научный руководитель – кандидат технических наук Митягин С.А.[1]

[1]*Университет ИТМО*

e-mail: igor@lavrow.ru

Данная статья посвящена рассмотрению понятия транспортной связности территории. Определена терминологическая база, установлено отсутствие единой трактовки определения транспортной доступности. Перечислены критерии транспортной доступности с точки зрения потребности населения и транспортной инфраструктуры. Осуществлён расчёт показателя транспортной связности для городов Российской Федерации с численностью населения более 1 млн человек.

Ключевые слова

Транспортная связность, транспортная доступность, система расселения, оценка качества, интегральный показатель.

Формирование сбалансированных систем расселения можно считать фактором экономического развития конкретной территории. Одним из показателей устойчивого развития подобной системы является транспортная доступность её центра (как на личном, так и на общественном транспорте). Чем выше транспортная доступность отдельных частей системы, тем выше товарооборот и пассажирооборот между ними.

Пассажирские перевозки обширно рассматриваются в литературе – как в пределах одного экономического субъекта (города или населённого пункта), так и между различными субъектами (междугородние и международные перевозки). Экономическое влияние качества таких перевозок может быть как прямым (например, повышение доходов региона за счёт притока большего числа туристов), так и косвенным (за счёт усиления трудовых и миграционных потоков населения при повышении уровня его транспортной мобильности).

Для России «низкая транспортная связанность центров экономического роста между собой и с другими территориями» обозначена в качестве одной из основных проблем пространственного развития страны в Стратегии пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года, хотя степень проработанности данного документа вызывает вопросы [1].

В связи с этим, актуальным является вопрос оценки качества транспортной связности между экономическими субъектами. В настоящей статье рассмотрим его в контексте поиска критериев связанности между двумя отдельными городами.

В контексте определения транспортной связности между городами существует целый ряд терминов, трактуемых схожим образом в различных источниках, например: «транспортная доступность», «транспортная обеспеченность» и «транспортная связанность». Понятие «транспортной обеспеченности» рассматривается в литературе как степень развития транспортной сети, преимущественно сети автомобильных дорог, однако иногда выступает как замена понятиям «транспортная освоенность» и «транспортная доступность». В контексте пассажирских перевозок чаще употребляется «транспортная доступность».

Точное общеупотребимое понятие «транспортной доступности» в настоящий момент отсутствует, его определение рассматривается в литературе в контексте разных подходов и неодинаково для различных исторических временных периодов [2]. Само слово «доступность» может также иметь разный смысл (например, физическая или экономическая) за счёт особенностей перевода с английского. Одним из первых в зарубежных источниках считается

определение, сформулированное У.Г. Хансеном, в котором транспортная доступность рассматривается как потенциальное взаимодействие.

Несмотря на неоднозначность толкования термина «транспортная доступность», на его основе определяется транспортная связность некоторой территории как «взаимная транспортная доступность экономических центров, расположенных на данной территории» согласно [3]. Если для анализа таких центров берётся два, тогда будем говорить об их «транспортной связанности».

Одной из составляющих при подсчётах транспортной связанности является транспортная инфраструктура, которая также неоднократно подвергалась анализу как зарубежными, так и отечественными учёными. Так, например, Катаева Ю.В. определила несколько групп критериев для оценки развития транспортной инфраструктуры отдельно взятого региона на примере Приволжского федерального округа [4]: материально-технические, потребительско-демографические, негативные, производственные, финансовые и институциональные. Кроме того, автор отдельно подчёркивает связь между транспортной инфраструктурой региона и его экономикой: как прямую (например, транспортная доступность ресурсов и создание рабочих мест), так и обратную (регулирование транспортных потоков, инвестиции и пр.). Увеличение качества транспортной инфраструктуры повышает транспортную связанность городов, а это, в свою очередь, влияет на повышение уровня транспортной мобильности населения.

При определении показателя транспортной связанности стоит также брать во внимание разнообразие видов транспорта. Например, в работе T.N. Anh et al. [5] проведена категоризация предшествующих исследований как по различным типам транспорта, так и по их влиянию на общество и окружающую среду. В этой работе также упоминается, что за последние годы общественный транспорт, несмотря на своё развитие, пока что не смог удовлетворить текущие потребности населения по экологическому показателю.

Уровень транспортной связанности городов есть некоторый интегральный показатель, вычисляемый на основе широкого ряда критериев. Рассмотрим эти критерии подробнее.

Транспортная связанность по своей сути является некоторым средним показателем между потребностью населения, т.е. удовлетворением спроса на перевозки, и характеристиками имеющейся инфраструктуры. В каждом из случаев расчёты строятся на количественных статистических показателях, получаемых либо путём опроса, либо из открытых источников (в частности, официальной статистики), либо на основе других рассчитанных величин.

Для вычисления связанности с точки зрения потребности населения в разрезе каждого вида транспорта могут быть рассмотрены следующие обобщённые показатели за выбранный период времени [3, 4]:

1. Перевозки пассажиров, млн чел.
2. Пассажирооборот, млн пассажиро-километров.
3. Затраты времени на поездку, ч.
4. Стоимость поездки в денежных единицах.
5. Количество пересадок в поездке, шт.

В контексте пассажирских перевозок можно выделить следующее множество критериев оценки транспортной инфраструктуры:

1. Число транспортных средств на 100000 чел.
2. Плотность путей сообщения общего пользования, км на 1000 км^2.
3. Количество станций (вокзалов, портов), шт.
4. Длина кратчайшего технически возможного пути, км.
5. Фактическая длина пути, км.
6. Вместимость единицы средства передвижения, чел.

Интегральный показатель транспортной связанности (т. е. транспортная связность территории) может быть вычислен на основе эконометрических моделей, в основном логистических. Для этого по каждому из вышеприведённых показателей с учётом их значимости рассчитываются также весовые коэффициенты.

Рассмотрим пример расчёта данного показателя на примере официальных данных по железнодорожному транспорту между городами-миллионниками России за один день. Выберем следующий базовый набор критериев:

1. Минимальное время поездки, мин.
2. Минимальная стоимость поездки, руб.
3. Количество возможных альтернатив, шт.

Значения критериев рассчитываются отдельно для каждой пары городов-миллионников. Затем данные значения нормализуются, а итоговый показатель есть средневзвешенная сумма этих нормализованных значений. Выборка пяти наилучших результатов рассчитанного показателя приведена далее в таблице.

Таблица

Наилучшие значения рассчитанного показателя транспортной связанности городов-миллионников Российской Федерации

Город 1	Город 2	Минимальное время, мин.	Минимальная стоимость, руб.	Количество вариантов	Значение показателя
Санкт-Петербург	Москва	233	869	30	0,955177
Краснодар	Ростов-на-Дону	185	490	13	0,944657
Нижний Новгород	Москва	222	499	15	0,922328
Пермь	Екатеринбург	289	626	12	0,920231
Ростов-на-Дону	Воронеж	475	1174	21	0,916902

Таким образом, в настоящей работе было рассмотрено понятие транспортной связности и его значимость в контексте социально-экономического развития системы расселения. Для вычисления интегрального показателя транспортной связности территории проведён анализ возможных критериев определения транспортной связанности между двумя городами в разрезе потребности населения и транспортной инфраструктуры. Было рассмотрено определение показателя транспортной связанности городов на примере железнодорожных перевозок за сутки между городами-миллионниками России.

Впоследствии данный анализ может быть расширен в сторону более детального рассмотрения определения интегрального показателя транспортной связности территории, для этого следует:

1. Добавить больше признаков (в т.ч. инфраструктурные).
2. Рассмотреть критерии в динамике по времени.
3. Рассчитать показатели по различным видам транспорта.
4. Учесть мультимодальные перевозки.

Список использованных источников

1. Лебединская Г.А. О месте стратегии пространственного развития в системе территориального планирования Российской Федерации // Academia. Архитектура И Строительство. 2018. № 1. С. 59-66.
2. Горбунов В.П. Эволюция представлений о транспортной доступности // Бюллетень Транспортной Информации. 2019. №. 8(290). С. 10-14.
3. Колесников Н.Г. Методика оценки транспортной связности территории на примере сети всесезонных автодорог Республики Саха (Якутия) // Экономика Востока России. 2017. №. 1(7). С. 102-106.
4. Катаева Ю.В. Интегральная оценка уровня развития транспортной инфраструктуры региона // Вестник Пермского Университета. Серия: Экономика. 2013. №. 4(19). С. 66-73.
5. Anh T.N., Kozemko E., Cirella G.T. Research and Development Within Public Transport Systems // Human Settlements: Urbanization, Smart Sector Development, and Future Outlook. 2022. Pp. 59–76.

УДК 004.04

ПОДБОР ТИПОВЫХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ГОРОДСКОГО ОЗЕЛЕНЕНИЯ НА ОСНОВЕ ВЛИЯНИЯ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ

Малышева С.Е.[1] *(студент)*

Научный руководитель – ***кандидат технических наук Митягин С.А.***[1]

[1]*Университет ИТМО*

e-mail: sof.malysheva@gmail.com

Работа выполнена в рамках темы НИР №622263 «Планирование видового состава городских зеленых насаждений при помощи сетевого моделирования»

Исследование было направлено на разработку и применение методики подбора растительного материала для городского благоустройства с учетом возможных факторов влияния на растения с целью формирования устойчивой зеленой составляющей города. Подготовлены материалы в виде геослоев негативных факторов влияния, а также сформирована база данных растений, на основе которой проводится подбор ассортимента. Проведен пробный подбор для двух территорий, для которых в первом и во втором случае сформированы списки растений, включающие в себя деревья и кустарники.

Ключевые слова
Зеленые зоны, озеленение городов, растительный ассортимент, ландшафтное планирование, база данных видов растений.

Рост городов неизбежно связан с преобладанием искусственных поверхностей и коммуникаций над естественной природой. Изменяется распространение воды. Ливнестоки моментально собирают воду, сокращая естественное всасывание почвой влаги. Происходит искажение потоков ветра, которое приносит неудобства как человеку, так и растениям. Неустойчивые к порывам ветра виды, расположенные, к примеру, в акваториях или местах высотной застройки, тормозят и отстают в развитии, теряют возможность развития устойчивой корневой системы в почве [1]. Помимо этого, основным фактором, влияющим на жителей города, а также являющимся затруднением для произрастания растений в городе, являются выбросы от транспортных магистралей и промышленных предприятий, загрязняющих атмосферный воздух. Однако, существует возможность облегчения проживания людей в неблагоприятных условиях за счет верного подбора устойчивых растений к выхлопным газам и пыли [2].

Исходя из вышеперечисленных факторов негативного воздействия в городе, как на растения, так и, в первую очередь, на человека, следует принять следующие решения при составлении ассортимента для улучшения качества жизни человека, т.к. задача на перспективу этой работы – создать благоприятную и комфортную среду для жителей, повысить их работоспособность, улучшая их настроение, физическое и психическое здоровье [3].

Предметом исследования являются области городского ландшафта, на которых необходимо воссоздать или спроектировать зеленые насаждения. Выбраны подходы при создании ассортимента древесных и травянистых декоративных растений в зависимости от характера их расположения и конкретных условий.

На данный момент производится благоустройство по городским программам, выдвигаются проекты озеленения от районных СПХ и СПП, однако, не всегда учитываются факторы влияния на растения, в связи с чем происходит отпад насаждений, ухудшается облик городских пространств, становясь малопривлекательным с низкой эстетичностью.

Целью данной работы является разработка и применение метода подбора растительного ассортимента для городской территории с учетом внешних факторов влияния. Структурированные данные в дальнейшем способны сократить работу по подбору

ассортимента, минимизировать ошибки при создании зеленых зон в разных частях городской застройки, тем самым повысив качество проектируемого городского ландшафта, делая его максимально устойчивым к негативным факторам. Актуальность данного исследования определяется ухудшающимся качеством планируемого посадочного материала, состоящего из древесных и травянистых растений, заполняющие городское пространство для компенсации зеленых насаждений или создания новых зеленых зон.

Для выбора и формирования будущего ассортимента, способного успешно проживать на желаемой городской территории была подготовлена база данных растений, на данный момент состоящая из 523 видов и пополняющаяся в текущее время новыми единицами, в основном дополняя сортовые, декоративные экземпляры.

Перечень растений составлен на основе атласа-детектора Плантариум [4], каталогов питомника Савватеевых [5], Мартин сад [6], являющиеся членами Российской ассоциации производителей посадочного материала, а также зарубежного Lorberg [7]. Были актуализированы русскоязычные названия видов с обращением к Плантариуму. Латинские названия проверялись на сайте World Flora Online [8], который является сборником видов растений планеты, составляемый ботаниками всего мира, являясь при этом авторитетным и надежным источником.

Было решено выделить 16 основных параметров растений из множества возможных: физические параметры такие как размер кроны и высота растения во взрослом или спелом состоянии; взаимодействие с лимитирующими факторами, такими как произрастание и устойчивость в климатической зоне USDA, отношение к переуплотнению почвы, пересыханию, засолению, устойчивость к подтоплению, воздействию выхлопных газов; оценка ветроустойчивости; определение экологической группы по отношению к влажности. Рассматриваются предпочтительные параметры почвы: кислотный состав, механический, плодородие. Учитывается агрессивность развития растения, его способность к восстановлению после обрезки или повреждений, является ли вид инвазивным. Способность растения произрастать в разных по степени освещения местах с полным освещением, полутенью, затененных зонах. Данные параметры необходимы для дальнейшего планирования размещения посадочного материала.

В отношении внешней, окружающей среды подготовлены геослои. На данном этапе работы для опробования метода были подготовлены слои зон морозостойкости в пределах Российской Федерации, контуры распределения зон морозостойкости по их температурным показателям. Выбрав полигоном участок на карте для желаемого проектирования зеленой зоны на первоначальном этапе определяется в какой зоне морозостойкости состоит этот участок, а следовательно, отсекается часть возможного ассортимента растений с невозможностью произрастать в пределах конкретных температурных границ.

Подготовлен слой зон возможного подтопления. Для Санкт-Петербурга отрисованы контуры водоемов, как наиболее влажные места для произрастания насаждений, также их близлежащие территории, зоны распространения разлива вод. Данные взяты с градостроительного портала Санкт-Петербурга [9]. На территории, попадающей в данную зону, сформируется сочетание влагоустойчивых, влаголюбивых растений, тем самым не будут включены те виды, которые не способны произрастать во влаге. И также наоборот, территория, находящаяся в зоне с умеренными или засушливыми параметрами почв, лишится влаголюбивых растений.

Существуют ограничения для посадок вблизи магистральных дорог в связи с выбросами выхлопных газов и засоления почвы от применения реагентов. В работе рассматриваются магистрали, двухполосные дороги, внутридворовые проезды не учитываются. Размер построения буфера варьируется в зависимости от типа дороги. Наиболее загрязняющие, с активным движением автотранспорта имеют достаточное влияние и их буфер построения будет равен 150 м, среднего загрязнения – 100 м, наименьшего загрязнения – 95 м. Не рассмотрены улицы и дворовые проезды, так как их классифицировать затруднительно.

На территории, которая попадает под влияние выбросов от дорог, невозможно будет расположить не устойчивые к данному фактору растения, таким образом, в ассортимент пойдут толерантные растения, чаще всего не хвойные, а лиственные деревья с широкими листовыми пластинами, которые можно будет использовать в качестве санитарно-защитных полос. По такому же принципу учтено влияние промышленных предприятий.

Планируется собрать растения в группы по их предпочтениям к почвам в зависимости от кислотности, нейтральности, содержания щелочи.

Алгоритм работы метода определяется следующим образом: задав границы желаемого участка для озеленения, необходимо выбрать на карте города территорию полигоном. В подгружаемых слоях определится, какие ограничения стоят в ходе планирования ассортимента.

Подбор озеленения для восстановления утраченных посадок

Территорией исследования был выбран озелененный участок на Уральской улице вдоль дома 4, расположенный в Василеостровском районе Санкт-Петербурга (рис. 1).

Рис. 1. Месторасположение участка озеленения на Уральской улице

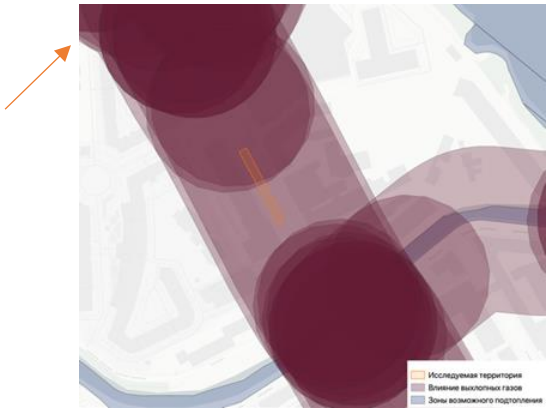


Рис. 2. Схема действия лимитирующих факторов на участке по Уральской улице

Как можно заметить на рисунке 2 территория попадает под влияние ограничивающих для произрастания растений факторов. Это высокое содержание выхлопных газов в воздухе, повышенное содержание солей в почве, возможное уплотнение почвы.

Ассортимент подобран из расчета отсеивания неустойчивых к указанным факторам растений. Из общей базы данных не были включены те растения, где в полях заполнения их характеристик была отмечена не устойчивость к данным факторам и выбраны лишь толерантные к усложненным условиям. На данном участке стояла задача в заполнении пустого места, где в прошлом были рядовые посадки Вяза. Из-за угнетающих жизнедеятельность условий общее состояние деревьев ухудшилось, и они стали подвержены эпидемии Голландской болезни вязов, а впоследствии погибли. Новый ассортимент, представленный в таблице 1, состоит из небольшого количества видов растений, однако способен произрастать и хорошо выглядеть на данной городской территории.

Таблица 1

Ассортимент растений для участка на Уральской улице

Наименование	Название	Примечание
Деревья	Тополь бальзамический Яблоня лесная	Формирование защитной полосы, аллейной посадки
Кустарники	Шиповник колючейший Шиповник коричный Шиповник морщинистый Шиповник французский Шиповник иглистый Шиповник собачий	Формирование нижнего яруса посадки, защищающей от пыли и газов
С осторожностью	Рейнутрия сахалинская Рейнутрия японская	Быстрое распространение на территории. Применять в посадке в небольших количествах

Применив данный метод, можно отметить, что зоны влияния хоть и определены конкретным буфером, но не существует конкретной и точной границы влияния угнетающих жизнедеятельность растений, однако данный подбор может быть полезен на первоначальном этапе планирования ассортимента.

Подбор озеленения для нового жилого комплекса

Территория для подбора ассортимента расположена в северной части Санкт-Петербурга на проспекте Науки, где перпендикулярно проходит улица Академика Константинова (рис. 3).

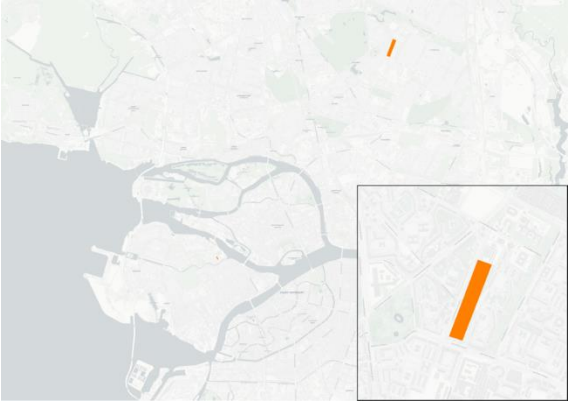


Рис. 3. Месторасположение участка озеленения на проспекте Науки

Рис. 4. Схема действия лимитирующих факторов на участке по проспекту Науки

На рисунке 4 рассматривается ситуация, в которой необходимо создать озеленение на участке будущего жилого комплекса.

Таблица 2

Ассортимент для нового жилого комплекса на участке с наиболее благоприятными условиями для произрастания

Наименование	Название	Примечание
Деревья	Боярышник кроваво-красный Боярышник однопестичный Вишня сахалинская Клён татарский Липа крупнолистная Виды ольхи Виды тополя Яблоня лесная	Формирование аллейных, групповых и рядовых посадок
Кустарники	Барбарис обыкновенный Бирючина обыкновенная Жимолость обыкновенная Жимолость татарская Можжевельник твёрдый Форсиция яйцевидная Виды шиповника Виды спиреи	Формирование живых изгородей, групповых посадок
Травянистые	Чингиль серебристый Армерия приморская Лихнис обыкновенный Маргаритка многолетняя Флокс метельчатый Тонконог сизый Тысячелистник обыкновенный Хоста белоокаймленная Хоста подорожниковая	Многолетние растения. Использование в цветниках
С осторожностью	Люпин многолистный Люпин узколистный Рейнутрия сахалинская Рейнутрия японская	Быстрое распространение на территории. Применять в посадке в небольших количествах

Задача состоит в озеленении нового жилого объекта, где на данный момент практически нет растительного покрова. Как видно на рисунке, зона разделяется на две части ограничений, одна из которых относительно «чистая» и позволяет предложить достаточно широкий ассортимент. Предлагаемый ассортимент представлен в таблице 2.

На второй части исследуемой территории (рис. 4) из-за постоянного содержания в воздухе выхлопных газов и наличия повышенного засоления почвы, упускается большая часть растений, которая не будет способна произрастать в здоровом виде. Таким образом, следует сформировать посадку, которая бы защищала жителей от пыли и выхлопных газов. Предлагаемый ассортимент дублируется с первым рассматриваемым случаем, он представлен в таблице 1.

На данный момент был опробован метод подбора ассортимента на конкретных примерах городской территории. На следующем этапе работы планируется четкая кластеризация видов растений для оптимального и эффективного расположения сочетаний-композиций на озеленяемых территориях. Возможность автоматизированного подбора породного состава на городские территории сократит время для планирования видов, участвующих в посадке, а самое главное подразумевается выбор устойчивых растений к негативным факторам, которые зачастую могут упускаться.

Список использованных источников

1. Klobucar B. et al. Residential urban trees–socio-ecological factors affecting tree and shrub abundance in the city of Malmö, Sweden //Urban Forestry & Urban Greening. 2021. Т. 62. С. 127118.
2. Hennig F. et al. Association between source-specific particulate matter air pollution and hs-CRP: local traffic and industrial emissions //Environmental health perspectives. 2014. Т. 122. №. 7. С. 703–710.
3. Dwyer J.F., Schroeder H.W., Gobster P.H. The significance of urban trees and forests: toward a deeper understanding of values //Journal of Arboriculture. 1991. Т. 17. №. 10. С. 276–284.
4. Растения и лишайники России и сопредельных стран: открытый онлайн атлас и определитель растений. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.plantarium.ru (дата обращения: 01.03.2023).
5. Питомник садовых растений. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.drevo-spas.ru (дата обращения: 01.03.2023).
6. MartinSad питомник растений. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.martin-sad.ru (дата обращения: 01.03.2023).
7. Lorberg, Ihr Pflanzen-Spezialist [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.lorberg.com/ru/ (дата обращения: 01.03.2023).
8. WFO. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.worldfloraonline.org (дата обращения: 01.03.2023).
9. Градостроительный портал Санкт-Петербурга. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://portal.kgainfo.spb.ru/kgamap (дата обращения: 01.03.2023).

УДК 004.021

РАЗРАБОТКА ГРАФИЧЕСКОГО ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ЗАПИСИ И АНАЛИЗА СИГНАЛОВ ЭКГ

Мамашев З.Б.*[1] *(студент)

***Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент Хлопотов М.В.*[1]**

[1]*Университет ИТМО*

e-mail: zavur.mamashev@mail.ru

Аннотация
В работе рассмотрен процесс создания компонента кардиодиагностической системы – медицинского веб-приложения для записи и отображения сигналов ЭКГ. Такое приложение позволит пользователю записывать электрокардиограмму с кардиографа и анализировать ее с помощью реализуемых инструментов. Также приведен обзор методов цифровой обработки сигналов и их реализация для добавления инструментов анализа ЭКГ в веб-приложение.
Ключевые слова
ЭКГ, веб-приложение, графика, цифровая фильтрация, QRS-комплекс, кубических сплайн, кардиоритмограмма.

Существуют продвинутые версии кардиографов, которые позволяют дистанционно передавать цифровой ЭКГ для удалённого анализа – телекардиографы. Они используются фельдшерами скорой помощи для экстренного обследования пациента. Однако фельдшеры не всегда могут распознать диагноз в сложных случаях. Для решения таких ситуаций используются телемедицинские технологии. Телемедицина – это крайне актуальное и социально-значимое направление технологического развития сферы здравоохранения. Данные технологии обеспечивают дистанционное взаимодействие между медицинскими работниками и их внедрение имеет огромное количество преимуществ. К примеру, улучшение качества диагностики на первичном уровне посредством внедрения системы телекардиодиагностики в Республике Коми, снизило летальность от острого инфаркта миокарда на 27,8 процентов [1]. Значимым компонентом системы является приложение умеющее отображать записанный сигнал с прибора. Однако важным требованием для анализа полученной и отображенной ЭКГ является наличие специальных инструментов, которые позволяют проводить анализ показателей сердечной-сосудистой системы человека. Предметом работ является разработка и реализация инструментария для анализа ЭКГ и современного веб-приложения для их использования.

Электрокардиограмма представляет из себя запись электрической активности сердца и регистрируется при помощи специальных электродов, наложенных на определенные части тела. Анализ происходит по 12 отведениям, а электроды крепятся на конечности и грудную клетку человека [2]. В результате записи сигналов получается 12-канальный ЭКГ - сигнал, по которому и проводится анализ. Сигнал продемонстрирован на рисунке 1.

Для программной реализации веб-приложения был выбран язык программирования JavaScript. Он наиболее удобен в веб-разработке, прост в понимании и обладает широким инструментарием для решения самых разных задач. Также, для реализации модуля построения сигналов ЭКГ было необходимо определить метод графического отображения. В результате поисков была найдена библиотека PixiJS. PixiJS – это система рендеринга, использующая WebGL для отображения изображений и 2D-контента. Система предоставляет полный граф сцены и обеспечивает поддержку интерактивности. Было принято решение использовать данную библиотеку, так как она показывает лучшую скорость отрисовки среди подобных систем [3].

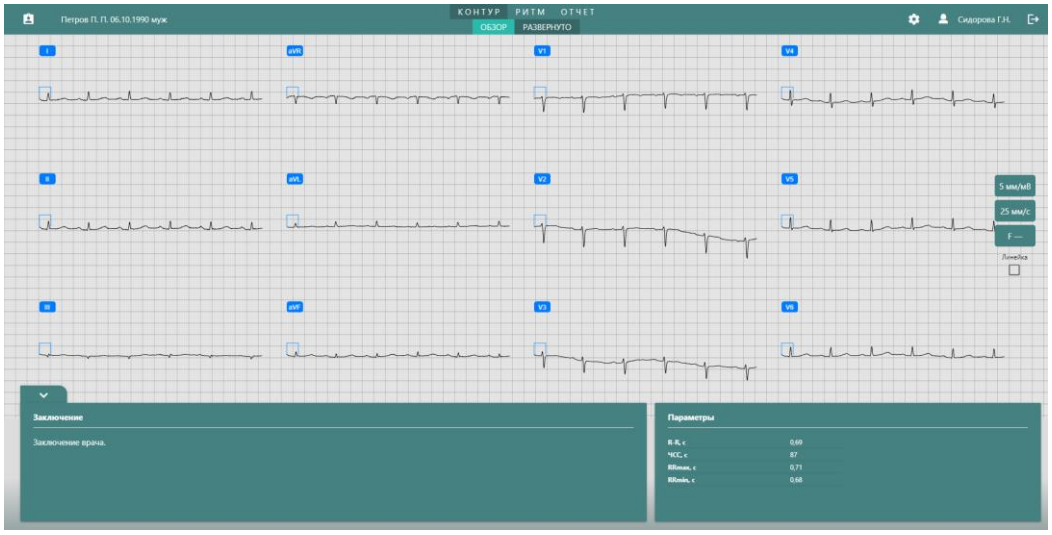


Рис. 1. 12 стандартных отведений ЭКГ

Функциональность приложения была сформирована с учетом фундаментальных потребностей пользователей и её перечень перечислен далее:

- соединение по веб-сокету между клиентом и сервером, для получения различных данных, в частности ЭКГ – сигналов (12 отведений и ритма);
- парсинг XML – структур для использования данных приложением;
- построение графиков ЭКГ – сигналов методами библиотеки PixiJS, режим “Крупно”, в котором можно детальнее рассмотреть сигнал., а также отображение милливольта и названий отведений;
- отображение сетки под графиками (миллиметровки) и соответствие её размеров выводимым сигналам;
- изменения графиков в соответствии с выбранными амплитудами, скоростями, длине записи, режимами вывода и фильтрами;
- реализация алгоритма фильтрации (миографический и режекторный фильтры);
- реализация алгоритма Пана–Томпкинса для нахождения QRS–комплекса и характеристик RR;
- построение кардиоритмограммы по найденным RR–интервалам;
- реализация функции кубического сплайна;
- реализация инструмента для анализа – “Линейка”.

Данные для отрисовки графиков сигналов ЭКГ поступают в оцифрованном виде и для отображения сигнала необходимо знать характеристики сигнала, а именно частоту дискретизации – f и цену деления – q. Сигнал может отображаться в различных методически заданных скоростях и амплитудах благодаря модулю построения графиков, который действует следующим образом:

- берется *sample*– текущая точка;
- вычисляется *delta* – разница между текущей и предыдущей точкой;
- по формулам (1) и (2) вычисляется координата точки для отрисовки.

$$x = sample/f * (p * s), \quad (1)$$

$$y = delta/q * (p * a), \quad (2)$$

где s – скорость сигнала,
a – амплитуда сигнала,
p – некоторое значение позволяющее соотнести миллиметр на бумаге с некоторым количеством пикселей на экране.

На рисунке 2 показано отображение графиков с амплитудой равной 10 мм/мв, скоростью равной 25 мм/с и режимом вывода – 6 колонок на 2 ряда.

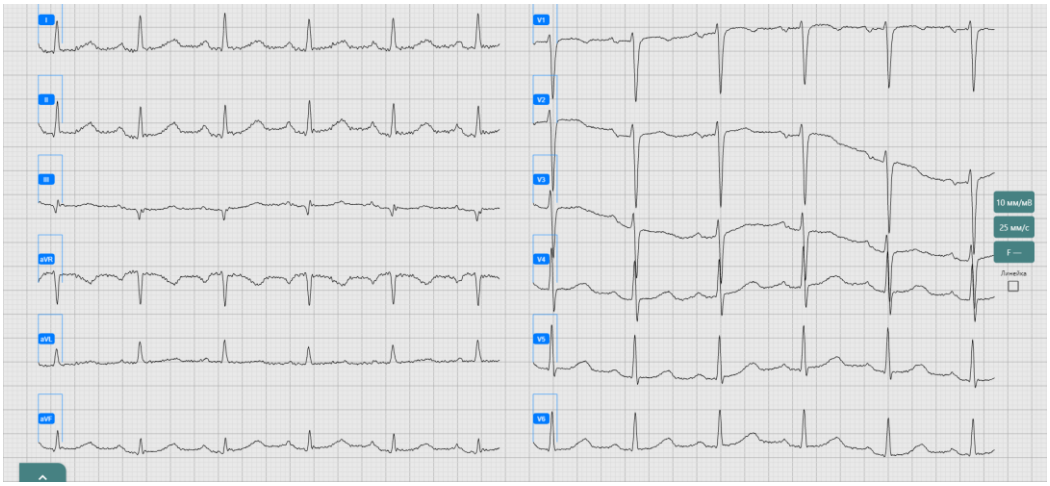


Рис. 2. Пример вывода графиков с выбранными настройками

Реализуемые инструменты для анализа сигналов пользователем, представляют из себя математические методы, которые программно реализованы на языке программирования JavaScript.

Цифровые фильтры являются важной составляющей обработки сигналов ЭКГ. На регистрируемом сигнале практически всегда присутствуют искажения, вызванные помехами и шумами разного характера, такими как:

- миографическая интерференция – высокочастотные помехи, связанные с тремором и, в целом с активностью мышц тела во время снятия ЭКГ;
- сетевая помеха (наводка).

Задача фильтров состоит в подавлении некоторой частотной компоненты, в зависимости от применяемого фильтра, и пропускании полезного сигнала за исключением подавленных компонент. Для подавления миографической интерференции и сетевой помехи используется фильтр низких частот и режекторный фильтр соответственно.

Суть программной реализации алгоритма фильтрации состоит в свертке сигнала с массивом коэффициентов фильтров. Свертка - сумма поэлементно умноженных точек сигнала с коэффициентами фильтра. На рисунке 3 представлен обобщенный вид процесса фильтрации.

Рис. 3. Алгоритм фильтрации

Обработка сырого сигнала (рис. 4) миографическим фильтром (рис. 5) и режекторным фильтром (рис. 6), наглядно демонстрирует подавление искажений.

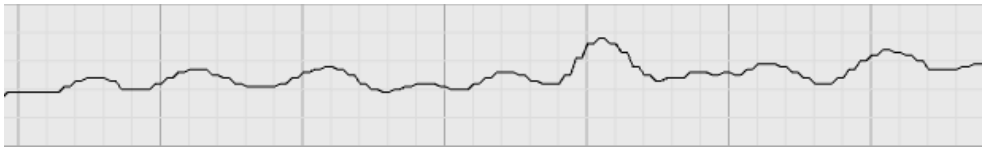


Рис. 4. Сигнал без фильтров

Рис. 5. Сигнал обработанный миографическим фильтром

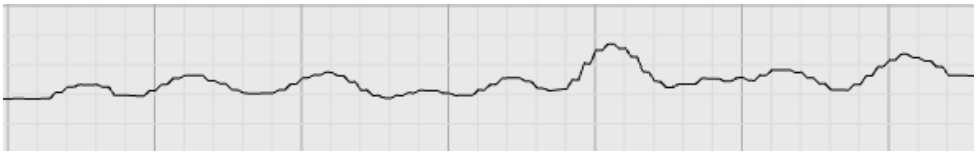


Рис. 6. Сигнал обработанный режекторным (50 Гц) фильтром

Обязательным требованием для модуля анализа является наличие детектора QRS-комплекса. Комплекс QRS – соответствует деполяризации правого и левого желудочков сердца и сокращению крупных желудочковых мышц. Задача по поиску QRS – комплекса и, в частности, R зубца является нетривиальной и требует выполнения множества математических шагов. Существуют разные алгоритмы, решающие данную задачу, однако, наиболее распространенным и точным является классический алгоритм Пана-Томпкинса.

Алгоритм состоит из двух этапов:

1. Во время подготовительного этапа происходят частотно-временные преобразования сигналов ЭКГ для устранения артефактов записи и P, T, U зубцов.
2. Во время основного этапа находятся максимумы, предполагаемые R, удаляются лишние распознанные пики и находятся нужные R зубцы. Затем происходит поиск интервалов RR и в результате после всех действий выводится значение ЧСС [4].

Алгоритм все еще дорабатывается, но на данный момент предварительная реализация алгоритма показывает хорошую точность в сравнении с имеющимися системами кардиодиагностики.

Также стоит отметить алгоритмы находящиеся в процессе разработки:

1) алгоритм выравнивания сигналов при помощи функции кубического сплайна. Процесс интерполяции кубическим сплайном – это способ нахождения кривой, соединяющей точки данных со степенью три или меньше. Сплайны — это полиномы, которые являются гладкими и непрерывными на заданном участке, а также непрерывными первой и второй производными в местах их соединения. Инструмент выравнивания будет подавлять смещение (дрейф) базовой линии сигнала делая его плавным и спрямленным;
2) после реализации алгоритма Пана-Томпкинса появляются данные для реализации инструмента исследования изменений сердечного ритма – кардиоритмограмма. Кардиоритмограмма – это диаграмма длительности ряда последовательных сердечных циклов, например интервалов RR на ЭКГ. Данный метод исследования является статистическим и позволяет врачам обнаруживать скрытые нарушения в системах регуляции организма в покое и при нагрузках.

Таким образом, в данной работе была предложена реализация компонента кардиодиагностической системы, представляющая собой веб-приложение, построенное на современном стеке технологий с реализованной функцией отображения и изменения сигналов ЭКГ. Также были выбраны методы обработки сигналов и программно реализованы некоторые инструменты для анализа ЭКГ. Предложенный алгоритм фильтрации отлично справляется с обработкой сигналов, а алгоритм Пана-Томпкинса находится в доработке и уже показывает хорошие результаты в детектировании QRS-комплексов. Разработанное решение было хорошо

оценено экспертами из области разработки программного обеспечения для вышеупомянутых систем и будет дальше развиваться.

Список использованных источников

1. Система телекардиодиагностики Республики Коми. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://valenta.spb.ru/. (дата обращения: 25.02.2023).
2. Орлов В.Н. Руководство по электрокардиографии. – М.: Медицинское информационное агентство. 2017. С. 45–56 с.
3. PixiJS Guides. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://pixijs.io/guides/basics/what-pixijs-is.html. (дата обращения: 25.02.2023).
4. The QRS complex: ECG features of the Q-wave, R-wave, S-wave & duration. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ecgwaves.com/ecg-qrs-complex-q-r-s-wave-duration-interval/. (дата обращения: 26.02.2023).

УДК 65.012.226

ПРОБЛЕМАТИКА ПОСТАНОВКИ ЗАДАЧ АНАЛИТИКИ ДЛЯ ГОРОДСКОГО РАЗВИТИЯ

***Медников А.Ю.*[1]**

[1]*ООО ЯСП*

e-mail: alexey.mednikov@yasp.ru

Современные города в своем развитии используют широкий спектр технологических решений, венцом которых является цифровизация, позволяющая по-новому решать многие задачи. Однако, если у города отсутствуют стратегия и приоритеты развития, то современные цифровые технологии еще не делают город умным. На сегодняшний день, несмотря на разного рода рейтинги городов по определенным показателям, не существует общепринятой системы показателей оценки городов, аналогичной системам оценки, применяемым в корпоративном мире. Наличие структурированной системы оценки городов, технологии больших данных и аналитика позволят городам стать действительно умными в своем целенаправленном, динамичном развитии.

Ключевые слова
Развитие города, оценка возможностей, аналитика, цифровизация города.

Проблематика развития городов

Статистика показывает, что уже в начале этого века в городах проживало больше людей, нежели в сельской местности и разница только увеличивается [1]. И тут следует задаться вопросом – что такое современный город, каким он видится сегодня и каким ему быть в будущем? Однозначного ответа не существует. Тем не менее, целесообразно попытаться оценить уровень города, выявить основные параметры, критерии оценки города, понять, насколько город соответствует требованиям настоящего, в каком направлении необходимо развиваться городу, чтобы соответствовать ожиданиям будущего. Имея подобную оценку города, можно сопоставлять разные города, подталкивать города к конкуренции, обеспечивать стимулы для их развития.

Современные цифровые технологии позволяют собирать, накапливать, обрабатывать большое количество данных по многим аспектам жизнедеятельности современного города. Аналитика городских данных позволяет ориентироваться в текущей ситуации, принимать решения с прицелом на будущее и целенаправленно действовать.

Различают четыре вида аналитики: описательная, исследовательская, предсказательная и предписательная. Описательная аналитика - статистические характеристики, визуализация данных – используется для принятия информированных решений. Исследовательская аналитика – выявление неочевидных зависимостей в данных, проверка гипотез - служит для углубленного понимания, используется специалистами-аналитиками. Предсказательная аналитика – выявление трендов на основе данных – используется для построения прогнозов. Предписательная аналитика – предложение возможных действий на основе прогнозов и сопутствующей информации. На практике чаще используется описательная аналитика, помогающая понять текущую ситуацию, возможное развитие событий, помогающая принимать обоснованные решения.

Что значит Умный Город? Кэрол Стиммел (Carol L. Stimmel), делая попытку ответить на этот вопрос, отмечает, что понятие «умный город» гораздо шире, нежели технологичный и тем более цифровой город [1]. Что же делает город умным? Можно выбрать две основные характеристики любого города: во-первых, миссия или цель, значение, смысл города и, во-вторых, характер использование ресурсов города. Миссия – то, ради чего город существует. Использование ресурсов – это насколько рационально, и даже оптимально используются

ресурсы (географическое расположение, человеческий капитал, городское хозяйство). Типичный пример – это Санкт-Петербург, который был основан как «окном в Европу» - торговым, производственным, инженерным, научным центром. Рациональное использование географии, земельного и водного пространства, планировка, использование передовых подходов и технологий в условиях времени и в контексте цели города дают Санкт-Петербургу все необходимые предпосылки быть умным городом. Насколько город, имеющий предпосылки быть умным, в действительности является умным – это уже другой вопрос. Еще пример – один из небольших моногородов Ленинградской области, продукция предприятия которого перестала быть востребованной и, при отсутствии альтернативных путей развития, цель города исчезла. Умирающий город с деградирующими остаточными ресурсами едва ли может быть умным. Последние десятилетия цифровизации расширяет спектр возможностей для городов быть умными – технологии получения, сбора, обработки городских данных позволяют оптимизировать использование городских ресурсов для достижения поставленных целей.

Оценка города

Как же оценить степень развития, уровень возможностей современного города? Предлагается использовать пятибалльную шкалу для оценки основных показателей городского развития. Для плохо формализуемых финальных показателей, требующих экспертной оценки, и для абсолютных показателей проводится калибровка по пятибалльной шкале. Такими показателями могут являться, например, качество жилого фонда, экологические показатели. Для оценки процессов можно использовать CMMI-модель (модель зрелости возможностей), которая на протяжении многих десятилетий успешно зарекомендовала себя при различного рода оценках крупных компаний по всему миру и широко применяется, в частности, для оценки ИТ-функции [2]. В модели зрелости используются пять уровней зрелости процессов: 1 – эпизодический, 2 – повторяемый, 3 – формализуемый, 4 – измеримый, 5 – оптимизируемый. Пример оцениваемых городских процессов – планирование стратегии города, бюджетирование, выполнение муниципальных проектов, обеспечение среды обитания, в частности уборки улиц в зимний период. Остается определить основные параметры оценки города. Здравый смысл подсказывает, что это могут быть, например, восемь основных доменов развития города:

1. Руководство и управление.
2. Жилой фонд.
3. Экология и среда обитания.
4. Здравоохранение.
5. Образование и наука.
6. Транспорт и логистика.
7. Производство товаров и услуг.
8. Безопасность.

При этом в каждом домене будет несколько направлений, например, доступность аптек, лабораторий, поликлиник, больниц, ВМП (высокотехнологичная медицинская помощь), процессы оказания медицинской помощи в различных ситуациях в домене Здравоохранение.

Оценка по пятибалльной шкале направлений внутри домена при агрегировании показателей дает оценку по домену в целом, а агрегация оценок доменов позволяет получить оценку уровня города. Так, агрегированная оценка города на уровне 4,2 говорит об очень высоком уровне, в то время как оценка на уровне 2,1 будет свидетельствовать о низком текущем уровне города. Сразу возникает вопрос, какая оценка желательна, является целевой, и какая приемлема сегодня и в ближайшем будущем, через год, два. Это вопрос к жителям и руководству города, и зависит от целей, стратегии развития города. Если город является курортным центром, то его уровень, профиль оценки должны в первую очередь определять домены Экологии и Здравоохранения. В любом случае, исходя из приоритетов развития города, целесообразно иметь целевые показатели по доменам, по направлениям внутри доменов – по сути целевой профиль развития города (рис. 1).

Рис. 1. Профиль целевого и текущего состояний развития города с агрегированными оценками 3.8 и 2.5 соответственно

Целевой профиль города отражает систему ценностей города, целевые показатели его развития, стратегию. Наличие целевых показателей позволит выстроить систему промежуточных показателей во времени, планировать и отслеживать их достижение, как показано в таблице ниже (стратегия 2030 используется качестве примера).

Таблица

Целевые показатели города по доменам в динамике развития – стратегия 2030

№	Домен	2022 г.	2024 г.	2030 г.	Комментарий
…					
3	Экология и среда обитания	2.1	2.5	3.5	Интеграция с природой
4	Здравоохранение	3.5	3.9	4.4	Развитие, «экспорт» ВМП
…					

Для этого выстраивается система сбора, обработки и анализа городских данных, частью которой будет подсистема BI-аналитики с возможностью агрегации, детализации, визуализации показателей (рис. 2).

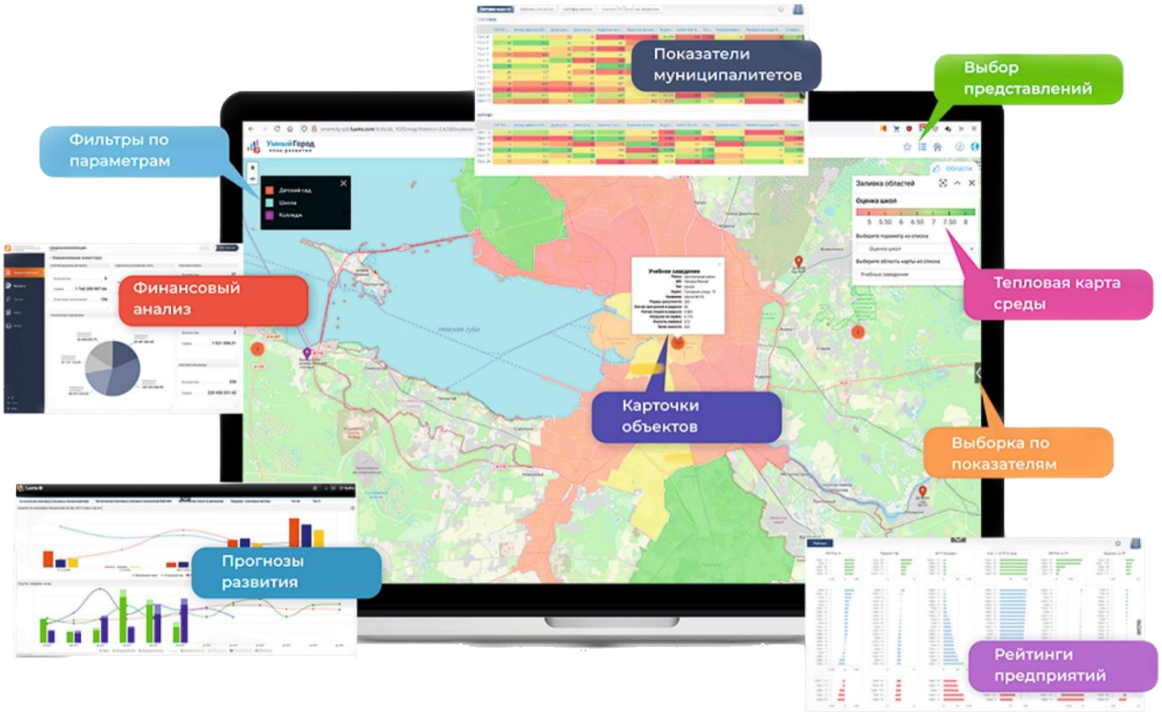


Рис. 2. Аналитика и визуализация городских показателей

Описательная аналитика, визуальный контроль даст возможность своевременно принимать необходимые управленческие решения для решения насущных городских задач, для достижения целей. Это в свою очередь, делает город по настоящему умным в своем развитии. При этом на каких-то задачах, например, рационализация использования транспортной инфраструктуры, транспортных потоков, могут использоваться AI/ML-технологии исследовательской, предсказательной и предписательной аналитики, что уже и делается в сервисе Яндекс-карты.

По многим направлениям жизнедеятельности города уже есть аналитические наработки, например, на сайте МИАЦ Санкт-Петербурга (https://spbmiac.ru/) по показателям в части здравоохранения (рис. 3).

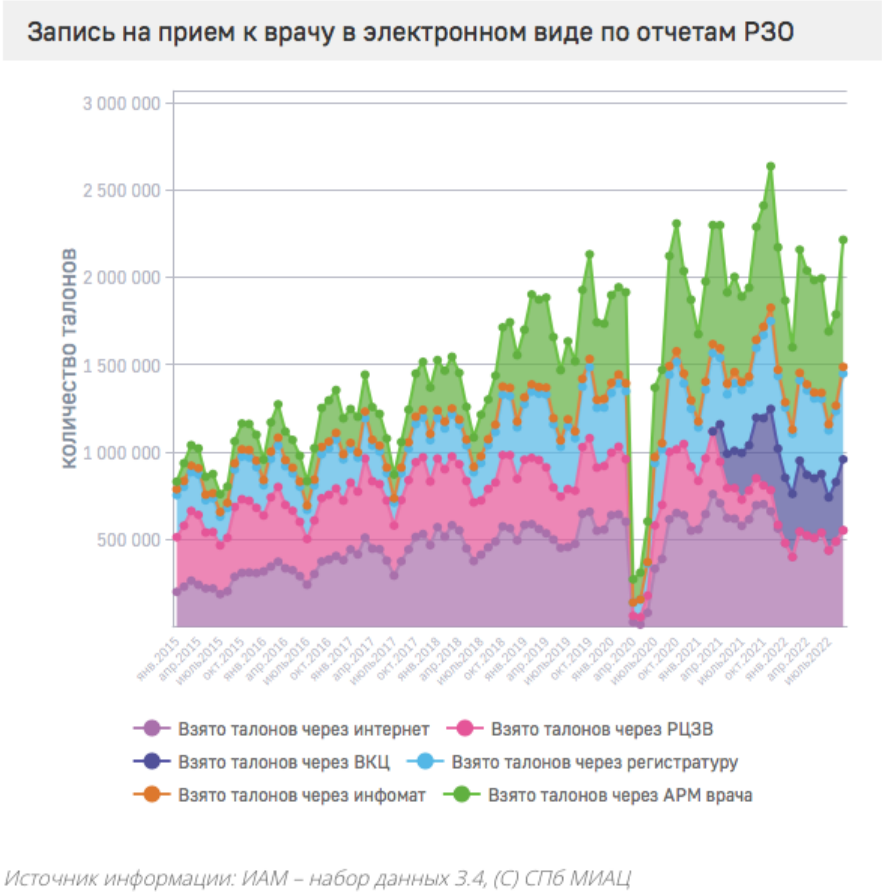


Рис. 3. Пример аналитики и визуализация показателей по здравоохранению

Однако, городская управленческая аналитика на сегодняшний день остается фрагментированной по областям применения и не носит системный характер на уровне города.

Первостепенная задача, которую предстоит решить – это создание согласованной сбалансированной системы показателей оценки города, включающей методику оценки. Сложность этой задачи - в большом количестве заинтересованных сторон с подчас противоречивыми, конфликтными интересами, например, промышленники и экологи. Поэтому систему городских показателей может и должна создавать организация, которая открыта к исследованиям и инновациям, у которой есть авторитет на городском уровне и которая нейтральна по отношению к любым заинтересованным сторонам. Университетские структуры идеально подходят для такой роли.

Вместе с построением системы показателей можно проводить и тестирование по доменам на примерах различных городов, публиковать результаты, получать обратную связь, совершенствовать саму систему показателей – путь, который проходит любая зрелая методика, технология. На этом этапе критичным становится сбор данных для проведения последующего анализа, оценки.

В дальнейшем можно говорить о вовлечении городов, университетов, в том числе и зарубежных, о выравнивании и унификации оценочного подхода как необходимого аналитического инструмента, который повсеместно используется для целенаправленного динамичного развития по-настоящему умных городов, рационально использующих свои ресурсы, привлекательных для проживания.

Список использованных источников

1. Carol L. Stimmel, Building Smart Cities Analytics, ICT, and Design Thinking. – CRC Press. 2016. 259 p.
2. COBIT2019 Framework Introduction and Methodology. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.isaca.org/resources/cobit (дата обращения: 23.01.2023).

УДК 004.89

РАЗРАБОТКА МЕТОДА РАСЧЁТА ОСНОВНЫХ ОБЪЕМНО-ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Натыкин М.В.*[1] *(студент)

***Научный руководитель – кандидат технических наук Митягин С.А.*[1]**

[1]*Университет ИТМО*

e-mail: mvin@itmo.ru

Работа выполнена в рамках темы НИР №622280 «Библиотека алгоритмов машинного обучения для задач генерации ценностно-ориентированных требований к мастер-планированию урбанизированных территорий»

В статье описывается процесс разработки метода расчета объектно-пространственных показателей урбанизированных территорий (ОПП) – инструмента определения физических характеристик застройки и земельного участка, на котором она расположена, с учетом их функциональных и пространственных параметров. Эти показатели имеют решающее значение для задач городского планирования, поскольку на их основе принимаются решения о будущих преобразованиях территории, осуществимости различных сценариев развития и потенциальном воздействии на окружающую среду и жителей. В качестве результата исследования выступает программная реализация и успешное внедрение метода расчета объектно-пространственных показателей урбанизированных территорий в платформу цифровой урбанистики Университета ИТМО.

Ключевые слова

Объектно-пространственные параметры, городское планирование, преобразование территории, цифровая урбанистика, урбанизированные территории.

Объектно-пространственные показатели урбанизированных территорий (ОПП) – инструмент определения физических характеристик застройки и земельного участка, на котором она расположена, с учетом их функциональных и пространственных параметров. Пространственные показатели играют важную роль при планировании развития города. Они помогают планировщикам понять существующие условия и потенциал конкретной территории, например площадь земельного участка, доступной для застройки, плотность населения, распределение застроенных и зеленых зон. Эта информация затем используется для принятия обоснованных решений о будущем развитии территории, включая размещение новых зданий, обеспечение инфраструктуры и общественных пространств, а также защиту зеленых зон. Расчет показателей также важен для определения целесообразности различных сценариев развития территории, таких как жилые районы с высокой плотностью застройки, районы смешанного использования или коммерческая застройка. Эти расчеты также могут быть использованы для оценки потенциального влияния застройки на окружающую среду, местную экономику и качество жизни жителей. В итоге точный расчет объектно-пространственных показателей необходим для создания хорошо спланированных, устойчивых и пригодных для жизни городов. Для расчёта ОПП используется ряд методов, такие как - полевые исследования, картографический анализ, исследования спутниковых изображений, анализ географических информационных систем, а также статистических данных. Представленные методы могут быть трудоемкими, ошибочными и упускать важные факторы, так как они зависят от ручного вычисления, что может привести к следующим проблемам [3]:

- неточные данные. Ручной расчет ОПП может быть подвержен человеческим ошибкам, что может привести к неточных данных;
- затраты времени. Расчет объемных и пространственных параметров вручную может отнимать много времени и замедлять процесс разработки;

- отсутствие согласованности. Разные люди могут использовать разные методы расчета объемных и пространственных параметров, что приводит к отсутствию согласованности данных, используемых в генеральном плане;
- невозможность быстрого обновления данных. Если в городской среде происходят изменения, то рассчитанные вручную объемные и пространственные параметры необходимо будет пересчитать, что может занять много времени;
- отсутствие гибкости. Ручной расчет не всегда легко адаптируется к изменениям в городской среде.

Это вызывает необходимость автоматизации расчета показателей, что может помочь преодолеть эти проблемы, гарантируя дальнейшее развитие территории, основанное на точных и актуальных данных. Целью работы является разработка автоматизированного метода расчёта основных объектно-пространственных параметров урбанизированной территорий. Объектом исследования является посёлок Металлострой в составе Колпинского района города Санкт-Петербург.

В качестве начального набора ОПП в текущем исследовании были выбраны следующие показатели:

- площадь территории;
- процент застройки территории;
- площадь застройки;
- плотность застройки;
- количество проживающих людей;
- сумма жилой площади;
- сумма коммерческой площади;
- плотность жилой площади;
- обеспеченность жилой площадью;
- плотность населения;
- средняя этажность.

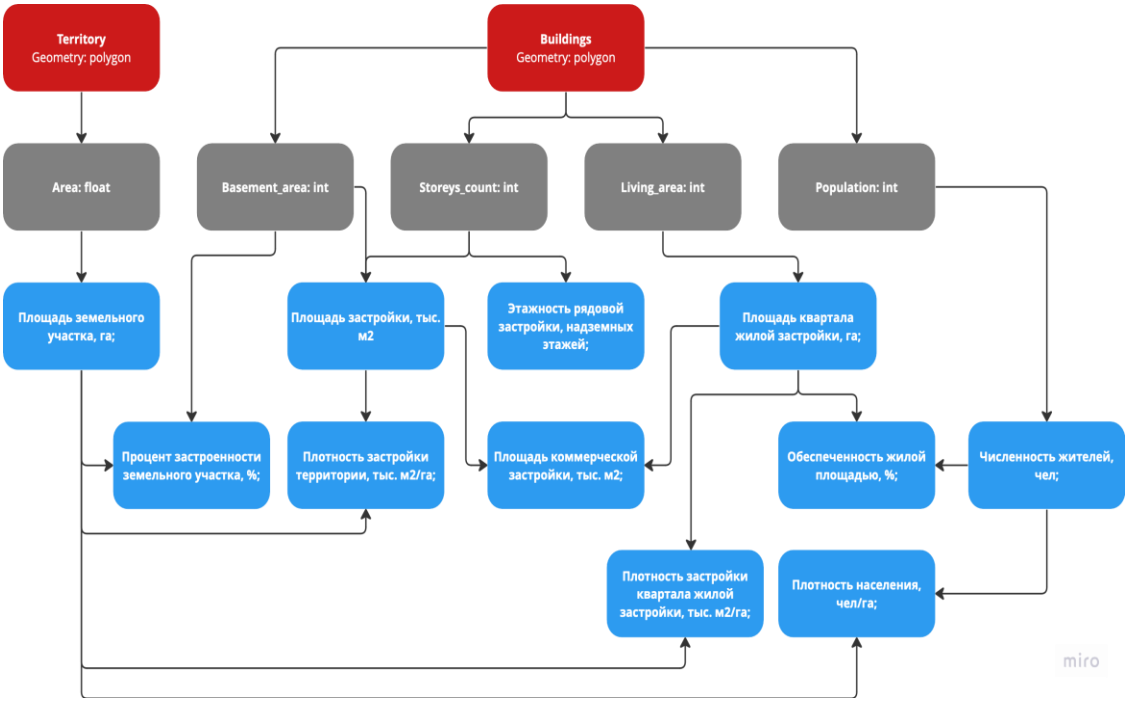


Рис. 1. Схема анализа ОПП

Формулы для расчета были взяты из Стандарта комплексного развития территорий [1]. Представленные ОПП предоставляют информацию об общей площади территории, степени ее освоенности и типах застройки, присутствующих на ней. Эта информация включает в себя количество жилой площади, плотность застройки. Кроме того, расчет плотности и численности

населения дает представление о демографическом состоянии территории и может влиять на спрос на жилье, общественные услуги и другие сервисы. Все эти показатели взаимосвязаны, и изменения в одном из них могут привести к изменениям в других. Понимание взаимного влияния важно для обеспечения устойчивого и сбалансированного развития городских территорий. На рисунке 1 представлена схема анализа объектно-пространственных показателей с учетом их взаимосвязей, а также исходных данных и их атрибутов необходимых для дальнейшей автоматизации.

Для оптимизации и точности расчётов был проведен всесторонний анализ взаимосвязей между различными показателями, и их интерпретация.

Следующим шагом была реализация метода расчета на языке программирования Python. Метод использует библиотеку Geopandas для обработки данных о пространственных объектах и Pandas для обработки табличных данных. Для работы программы необходимо два набора исходных данных.

Геослой с территорией планирования, в формате GeoJSON, представленный в таблице 1, рисунок 2. Границы или полигон можно загрузить из открытых источников информации, например сервиса Open Street maps (OSM). Более подробно с программной реализацией расчета ОПП можно ознакомиться в репозитории библиотеки CityGeoTools на github [2].

Таблица 1

Территория планирования

Territory
Geometry: polygon

Данные по объектам застройки внутри территории планирования, рисунок 2, в формате GeoJSON с атрибутами, представленными в таблице 2.

Таблица 2

Здания

Buildings
Geometry: polygon / point
population: int
is_living: bool
basement_area: int
living_area: int
storeys_count: int

Данные были получены из модели расселения с платформы цифровой урбанистики, разработанной в институте дизайна и урбанистики Университета ИТМО.

Рис. 2. Территория планирования с застройкой

Результаты расчетов были интегрированы в платформу Цифровой урбанистики" Университета ИТМО, используя FastAPI для связи между интерфейсом платформы и программным кодом.

Последним этапом работы было тестирование и отладка реализации, чтобы убедиться, что результаты расчетов объектно-пространственных показателей соответствовали желаемым результатам.

Развертывание: реализация была развернута, что сделало ее доступной для использования в рамках "Цифровой урбанистики" Университета ИТМО. Результаты возвращаются в формате JSON, что облегчает интеграцию с другими метриками на платформе.

Реализованный метод позволяет взаимодействовать с территорией планирования по средствам моделирования процесса возведения новой застройки или ее сноса, представленного на рисунках 3 и 4.

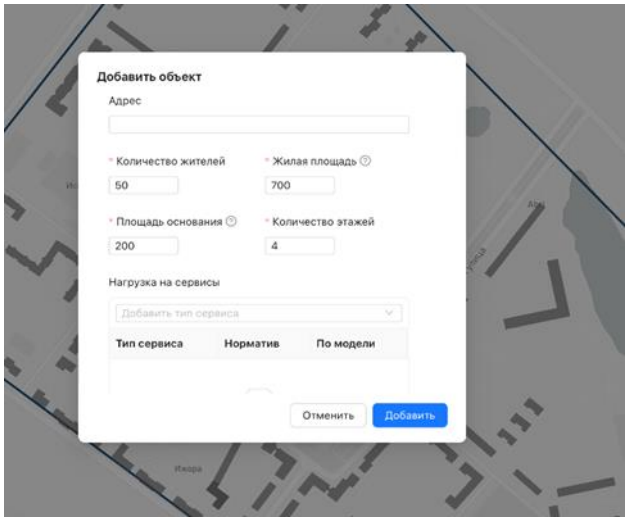


Рис. 3. Добавление нового здания

Рис. 4. Геометрия здания

Внедрение такой возможности может значительно повысить общую эффективность и точность процесса городского планирования. Демонстрация изменения ОПП после добавления нового жилого дома на примере поселка Металлострой, представлена на рисунке 5.

Рис. 5. Демонстрация перерасчета ОПП

Имея возможность вносить изменения в среду застройки и немедленно наблюдать их влияние на различные показатели, лица, принимающие решения, могут сделать обоснованный выбор направления развития. Такой динамический подход может привести к более эффективному использованию земли и ресурсов, а также к созданию более благоприятной и устойчивой городской среды для жителей. Кроме того, возможность пересчета показателей в режиме реального времени поможет выявлять потенциальные проблемы или конфликты на ранних стадиях проектирования, что позволит быстро и эффективно их решать.

Основным результатом разработки метода расчёта основных ОПП урбанизированных территорий можно назвать успешную программную реализацию метода, включая дополнительный функционал в виде возможности использования сценариев сноса или строительства домов, а также динамический пересчет показателей. Интеграция метода расчёта ОПП в платформу Цифровой урбанистики Университета ИТМО и открытый исходный код обеспечивают большую прозрачность и сотрудничество с сообществом, поскольку каждый может внести свой вклад в разработку проекта. Удобный интерфейс для взаимодействия с расчетом показателей позволяет легко использовать их более широкому кругу заинтересованных сторон, включая градостроителей, архитекторов, городские администрации и других специалистов, занимающихся планированием и развитием города.

С точки зрения дальнейшего развития, можно рассмотреть следующие направления. Уточнение и оптимизация алгоритмов расчета, а также добавление показателей для повышения точности и полноты результатов. Расширение набора пространственных данных, используемых в процессе расчета, для обеспечения более полного представления о рассматриваемой территории. Интеграция других источников данных, таких как демографические и экономические данные, для лучшего понимания взаимосвязи между показателями и более широким городским контекстом. Разработка инструментов визуализации для эффективного доведения результатов до заинтересованных сторон с целью поддержки принятия решений. В целом, успешное внедрение программного обеспечения для расчета ОПП открывает ряд возможностей для дальнейших исследований и разработок в области урбанистики и градостроительства.

Список использованных источников

1. СТАНДАРТ ОСВОЕНИЯ СВОБОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://cdn-arch strelka.gcdn.co/public_store/uploads/ online/readingcollection/8/file/original-5cd2576e5b518b2d 6e21b83e0da3d6f3.pdf (дата обращения: 06.01.2021).
2. CityGeoTools. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://github.com/iduprojects/CityGeoTools (дата обращения: 06.01.2021).
3. Тузовский В.С. Становление понятия «мастер-план» в отечественной градостроительной теории и практике // Ноэма (Архитектура. Урбанистика. Искусство). 2019. №. S3(3). С. 29-43.

УДК 538.97

ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ В СЛОЖНЫХ СЕТЯХ СВЯЗАННЫХ МИКРОРЕЗОНАТОРОВ

***Никитина М.М.*[1] *(студент)*, *Баженов А.Ю.*[1], *Царёв Д.В.*[1]**

***Научный руководитель – доктор физико-математических наук Алоджанц А.П.*[1]**

[1]*Университет ИТМО*

e-mail: b.a.y@mail.ru, mmnikitina@itmo.ru, dmitriy_93@mail.ru

Работа выполнена в рамках гранта РНФ № 23–22–00058 «Когерентные эффекты в двухмерных квантовых материалах с интерфейсом сложных сетей»

В работе рассматривается проблема лазерной генерации в двухмерном массиве, представляющем из себя сложную сетевую структуру, содержащую в своих узлах микрорезонаторы с двухуровневыми системами. В приближении среднего поля выведены основные уравнения и установлены условия лазерной генерации в такой системе, представляющей собой неравновесный фазовый переход для амплитуды когерентного поля. Обнаружено, что в аномальном режиме сетевой структуры такая генерация является, по сути, беспороговой, т. е. требующей исчезающе малую инверсию населенностей рабочих уровней лазера.

Ключевые слова

Лазерный фазовый переход, комплексные сети, сетевые структуры, модель Изинга, двухуровневые системы.

Исследование сложных сетевых структур является одним из наиболее интересных и важных трендов современной квантовой физики, имеющим междисциплинарное значение [1]. В последнее время такие структуры стали использовать в качестве основы для лазеров [2]. В работе исследован эффект лазерной генерации как неравновесный фазовый переход, который происходит в сложных сетевых системах, обладающих некоторыми специфическими особенностями. Рассмотрим N микрорезонаторов содержащих одинаковые двухуровневые системы (ДУС) – квантовые точки, которые представляют лазерную среду. Система ДУС сформирована в виде сложной сетевой структуры, обладающей средней степенью узлов $\langle k \rangle$ (рисунок). Полагаем, что сама сетевая структура описывается степенным распределением степени узлов $p \simeq 1/k^{\gamma}$, где $\gamma > 1$ – показатель степени. Каждая ДУС имеет хорошо различимые основное ($|g\rangle$) и возбужденное ($|e\rangle$) состояния, обладающие различными энергиями E_g и E_e, ($E_e > E_g$), соответственно. Описываем ДУС в состояниях $|e\rangle$ и $|g\rangle$ с помощью операторов уничтожения (рождения) бозе-атомов основного $\hat{a}_j$ ($\hat{a}_j^{\dagger}$) и возбужденного $\hat{b}_j$ ($\hat{b}_j^{\dagger}$) состояний, соответственно. Характеризуем j–ую ДУС резонансной частотой (энергией) перехода $\omega_j = E_{e,j} - E_{g,j}$ ($j = 1, 2, \ldots, N$) (для удобства полагаем систему единиц, при которой $\hbar = 1$).

Предполагаем, что взаимодействие ансамбля ДУС с накачкой поддерживает многомодовый режим, описываемый оператором уничтожения (рождения) $\hat{f}_v$ ($\hat{f}_v^{\dagger}$) фотонов, которые эволюционируют во времени с общей частотой ω. В рамках дипольного приближения общий гамильтониан системы задается формулой:

$$\hat{H} = -\frac{1}{2}\sum_{j=1}^{N} \omega_j (\hat{b}_j^{\dagger}\hat{b}_j - \hat{a}_j^{\dagger}\hat{a}_j +$$

$$+ \frac{1}{N}\sum_{j=1}^{N}\sum_{v=1}^{k_j}\left[\omega \hat{f}_v^{\dagger}\hat{f}_v + g_j\left(\hat{f}_v^{\dagger}\hat{a}_j^{\dagger}\hat{b}_j + \hat{b}_j^{\dagger}\hat{a}_j\hat{f}_v\right) + iP\left(\hat{f}_v^{\dagger} - \hat{f}_v\right)\right], \quad (1)$$

где g_j – параметр взаимодействия ДУС с полем $\hat{f}_v$.

Далее будем полагать, что $g_i = g$ для всех ДУС. В (1) k_j — это j-я степень узла, определяющая число мод, связанных с j-м микрорезонатором; P – сигнал инжекции.

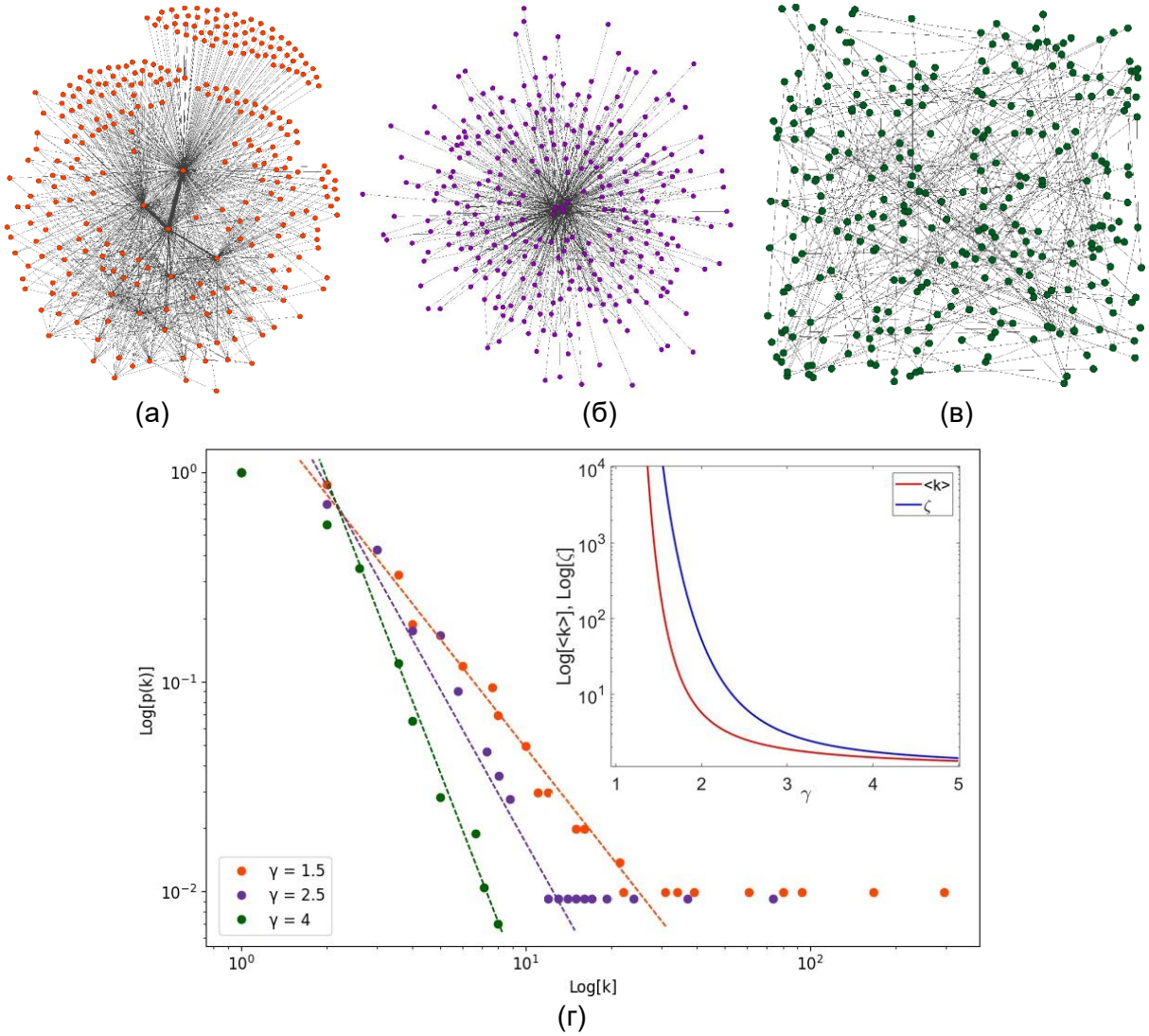


Рисунок. Схематические образцы сетевых структур со степенным распределением степеней узлов при (а) $\gamma = 1.5$ (б) $\gamma = 2.5$ (в) $\gamma = 4$ соответствующие аномальному, без масштабному и случайному режимам. (г) распределение степеней узлов соответствующих структур в двойном логарифмическом масштабе.
Вставка в (г) показывает зависимость $\langle k \rangle$ и ζ от γ (в логарифмическом масштабе по оси ординат) при $\mathrm{N} = 300, k_{min} = 1$

Уравнения Максвелла-Блоха для средних величин, полученные с помощью (1) имеют вид (ср. с [3]):

$$\dot{E}(t) = (-i\omega - \kappa)E(t) - ig\sum_{j=1}^{N} p_j(t) + P(t), \tag{2a}$$

$$\dot{p}_j(t) = \left(-i\omega_j - \Gamma_j\right)p_j(t) + igk_jE(t)\sigma_j^z(t), \tag{2b}$$

$$\dot{\sigma}_j^z(t) = \frac{1}{\tau_j}\left(\sigma_{j,0}^z - \sigma_j^z(t)\right) + 2igk_j\left(p_j(t)[E(t)]^* - \left[p_j(t)\right]^* E(t)\right). \tag{2c}$$

В (2) $p_j(t) = \langle \hat{p}_j \rangle = \langle \hat{a}_j^\dagger \hat{b}_j \rangle$ и $\sigma_j^z(t) = \langle \hat{b}_j^\dagger \hat{b}_j - \hat{a}_j^\dagger \hat{a}_j \rangle$ определяют поляризацию (возбуждение) j-й ДУС , а также ее населенность (j = 1, 2, ..., N); $\sigma_j^z(t) = 1$, если двухуровневая система занимает верхнее $|e\rangle$ состояние, и $\sigma_j^z(t) = -1$, если она занимает нижнее, $\sigma_{j,0}^z$ – это постоянное значение инверсии населенности для j-й ДУС, обусловленное

накачкой, соответственно. Неравновесные особенности модели, описываемой (2), характеризуются параметрами κ, Γ_j и τ_j; κ характеризует скорость потери фотонов, Γ_j – скорость деполяризации (дефазировки) j-й ДУС, τ_j – характерное время спонтанного излучения соответственно.

Равновесный фазовый переход к сверхизлучению при $P = 0$ в системе, представленной на рисунке и описываемой (1) рассмотрен нами в [4]. Целью данной работы является анализ условий неравновесного фазового перехода к лазерной генерации в этой системе.

Преодоление порога лазерной генерации как фазовый переход. Рассмотрим решения уравнений (2) в виде $E(t) = e^{-i\omega t}E$, $P(t) = e^{-i\omega t}P$, и $p_j(t) = e^{-i\omega t}p$, что позволяет убрать из рассмотрения «быстрые» колебания в (2). Используем также подход, который справедлив для лазеров класса A: полагаем, что выполняются неравенства (ср. с [5]):

$$\Gamma_j \gg \kappa, \frac{1}{\tau_j}, |\Delta_j|. \tag{3}$$

В таком случае можно применить метод последовательных приближений, полагая $\dot{\sigma}_j^z(t) = 0$, т. е. каждая ДКС адиабатически следует за полем E с частотой ω. В этом пределе (2) можно привести к одному замкнутому уравнению:

$$\dot{E} = -\left(\kappa - \sum_{j=1}^{N}\left(\frac{g^2 k_j \sigma_{j,0}^z(\Gamma_j - i\Delta_j)}{\Delta_j^2 + \Gamma_j^2}\right)\right)E - \sum_{j=1}^{N}\frac{4g^4 k_j^3 \tau_j \Gamma_j(\Gamma_j - i\Delta_j)\sigma_{j,0}^z}{\left(\Delta_j^2 + \Gamma_j^2\right)^2}|E|^2 E + P, \tag{4}$$

которое определяет эволюцию среднего поля E во времени; Δ_j – отстройка от резонанса. Здесь мы также ограничиваемся нелинейным членом третьего порядка в уравнении (4), который пропорционален $|E|^2 E$. Эффектами насыщения, которые могут привести к нелинейностям более высокого порядка в (4), пренебрегаем.

Уравнение (4) допускает значительное упрощение, если мы предположим, что все ДУС в резонаторе полностью идентичны, т.е. предположим, что выполняются условия $\Gamma_j = \Gamma, \tau_j = \tau, \Delta_j \cong 0$, которые подразумевают большую добротность двухмерного лазерного материала, т.е. ширину его полосы резонанса, а также условие, что все ДУС находятся в полном резонансе с фотонным полем E. Стационарное решение (4) $\dot{E} = 0$ приводит к алгебраическому уравнению:

$$\left(\frac{g^2\langle k\rangle\sigma_z}{\Gamma} - \kappa\right)E - \frac{4g^4\langle k^3\rangle\tau\sigma_z}{\Gamma^2}E^3 + P = 0, \tag{5}$$

где $\sigma_z \equiv \sum_j \sigma_{j,0}^z = N\sigma_0^z$ – это макроскопическая переменная, описывающая инверсию населенности;

$\sigma_0^z = \frac{1}{N}\sum_j \sigma_{j,0}^z$ – это нормированная инверсия населенности.

Пороговое значение инверсии для описываемого нами лазера определяется из (5) как:

$$\sigma_{0,thr}^z = \frac{\kappa\Gamma}{g^2 N\langle k\rangle} \equiv \frac{\kappa\Gamma}{G^2}, \tag{6}$$

где введено

$$G = g\sqrt{N\langle k\rangle}, \tag{7}$$

G – эффективная константа взаимодействия вещества и поля.

Макроскопический параметр инверсии населенности σ_z в лазерной теории играет роль обратной температуры β, которая определяет систему спинов в модели Изинга [5]. Примечательно, что $\sigma_{z,thr}$ стремится к нулю при бесконечно большой средней степени узла $\langle k\rangle$. В этом смысле мы имеем дело с низкопороговой лазерной системой. С другой стороны, для заданной инверсии населенности σ_z уравнение (5) определяет пороговую среднюю степень узла $\langle k\rangle_{thr}$ в виде:

$$\langle k\rangle_{thr} = \frac{\kappa\Gamma}{g^2\sigma_z}. \quad (8)$$

Отсюда можно сделать вывод, что амплитуда поля E представляет собой параметр порядка для диссипативного фазового перехода в лазере (далее мы фиксируем фазу, рассматривая вещественное поле E) [6]. Перепишем (5) в виде:

$$AE - BE^3 + P = 0, \quad (9)$$

где коэффициенты A и B определяются как:

$$A = \left(\frac{\langle k\rangle}{\langle k\rangle_{thr}} - 1\right)\kappa, B = \frac{4g^2\tau\kappa\zeta_3}{\Gamma}\frac{\langle k\rangle}{\langle k\rangle_{thr}}, \quad (10)$$

и введено обозначение $\zeta_3 = \frac{\langle k^3\rangle}{\langle k\rangle}$. Из (10) видно, что фазовый переход к генерации происходит при $A = 0$. В окрестности пороговой точки, т.е. для материалов сетей, которые обладают $\langle k\rangle \to \langle k\rangle_{thr}$ из (10) при $P = 0$ для параметра порядка, получаем:

$$E = \sqrt{\frac{A}{B}} \simeq \sqrt{\frac{\langle k\rangle}{\langle k\rangle_{thr}} - 1}. \quad (11)$$

Таким образом, выше порога, т. е. для узлов сети N, которые допускают выполнение неравенства $\langle k\rangle \geq \langle k\rangle_{thr}$, происходит установление конечного (ненулевого) внешнего поля E. По аналогии с фазовым переходом второго рода можно зависимость поведение параметра порядка E в окрестности $\langle k\rangle \simeq \langle k\rangle_{thr}$ от сигнала инжекции P как:

$$E \simeq \left(\frac{P\Gamma}{4g^2\tau\kappa\langle k\rangle_{thr}^2}\right)^{\frac{1}{3}}. \quad (12)$$

Уравнения (6) – (12) демонстрируют аналогию между фазовыми переходами, происходящими в равновесной модели Изинга и рассматриваемой в работе модели лазера, основанного на сложной сетевой структуре, ср. с [5]. В частности, средняя степень узла сети в таком случае становится ключевым параметром, определяющим свойства лазерной генерации в полуклассическом приближении, ср. с [2]. В частности, усиление среды означает зависимость $\sigma_{z,thr} \propto 1/\langle k\rangle$ что подразумевает бесконечно малое значение порога лазерной генерации ($\sigma_{thr} \to 0$) в аномальном режиме $1 < \gamma < 2$. Комбинация параметров в (7) отражает коллективные явления, возникающие при взаимодействии N двухуровневых систем с полем E. В квантовой физике резонансная частота Раби [4] при взаимодействии ансамбля ДУС с полем увеличивается в $\sqrt{N}$ раз. Однако, как это видно из (8), сложная сеть в виде массива лазеров позволяет дополнительно улучшить ее масштабирование в $\sqrt{\langle k\rangle}$ раз. Поскольку значение $\langle k\rangle$ может быть достаточно большим (см. рисунок), коллективный параметр G допускает значительное усиление.

Список использованных источников

1. Albert R., Barabási A.L. Topology of evolving networks: local events and universality //Physical review letters. 2000. Т. 85. №. 24. С. 5234.
2. Gaio M. et al. A nanophotonic laser on a graph // Nature Communication. 2019. Т. 10. №. 1. С. 226.
3. Хакен Г. Лазерная светодинамика. – Мир. 1988. 350 с.
4. Баженов А.Ю., Никитина М.М., Алоджанц А.П. Сверхизлучательный фазовый переход в микроструктурах с комплексной сетевой архитектурой // Письма в Журнал экспериментальной и теоретической физики. 2022. Т. 115. №. 11. С. 685-691.
5. DeGiorgio V., Scully M.O. Analogy between the laser threshold region and a second-order phase transition // Physical Review A. 1970. Т. 2. №. 4. С. 1170.

УДК 004

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ СБОРА И АНАЛИЗА ДАННЫХ В ЧАТ-БОТАХ ДЛЯ ТУРИСТИЧЕСКОЙ СФЕРЫ

Панченко М.А.*[1] *(студент)

***Научный руководитель – доктор экономических наук, профессор Максимова Т.Г.*[1]**

[1]*Университет ИТМО*

e-mail: mary-panchenko26@rambler.ru

Применение во многих отраслях чат-ботов стало важным по многим причинам. В сфере туризма чат-боты применяются во многих приложениях, ориентированных на потребителей, особенно в туристических онлайн агентствах. Пользователи все чаще ожидают быстрых решений, поэтому для путешественников использование ботов за счёт скорости предоставления ответов может быть более удобным. Чтобы не отставать от этого важного цифрового прогресса, интеграция чат-ботов в туристическую сферу может облегчить работу, как компаниям, так и самим пользователям.

Ключевые слова
Чат-бот, Telegram, туризм, гео-локация, мероприятие.

К началу XXI века туризм стал одним из важнейших видов экономической деятельности в мире, и его влияние на экономику становилось все более сильным [1]. Туристическим предприятиям становится все более удобно предоставлять свои услуги через виртуальные платформы или социальные сети. Так, получая информацию о заинтересованности пользователей, компаниям удобнее создавать новые туристические услуги и улучшать существующие [2].

За последние годы добавление чат–ботов во многих отрасли стало удобным решением для работы с пользователями. Поскольку многие используют мессенджеры и социальные сети, то внедрение ботов является наиболее простым и актуальным способом поддержания общения с клиентами. Основным плюсом работы с ботами является то, что боты автоматизированы, потому они работают намного быстрее, чем пользователи. Таким образом, профессионалы в области туризма обязаны быстро адаптироваться, чтобы предлагать лучшие услуги.

Актуальной задачей является исследование методов сбора и анализа данных для туристической сферы. В качестве метода сбора данных был выбран чат-бот на платформе Telegram. С его помощью планируется собирать информацию о посещении, какого либо мероприятия и в дальнейшем проанализировать, является пользователь туристом или нет.

Классификация чат–ботов

В 90% случаев, когда пользователь заходит в Интернет по какому-либо поводу, его встречает чат-бот. Возможно, в виде комментирующего бота или даже вредоносных ботов, которые используются для распространения вирусов. Но наиболее активно используемые и прогрессивные боты – это те, которые используются предприятиями для ускорения роста своей компании за счет маркетинга чат-ботов, привлечения клиентов и поддержки. По данным Grand View Research, к 2025 году глобальная экономика чат-ботов составит 1,25 миллиарда долларов. Опрос, проведенный Oracle, показал, что 80% лиц, принимающих бизнес-решения, заявили, что уже использовали чат-ботов или планируют их использовать. Chatbots.org перечисляет более 1350 чат-ботов и виртуальных агентов, используемых по всему миру [3].

Чат-бот – это специальная компьютерная программа, использующая искусственный интеллект (ИИ), которая ведет разговор с людьми посредством слухового или текстового ввода. Программисты разрабатывают чат-ботов, чтобы реалистично имитировать то, как люди говорят в качестве собеседников [4].

При разработке чат-бота необходимо различать их по классификации. Классификация чат-ботов возможна по нескольким основаниям: по алгоритму, по виду и по функциональности. Разделение ботов по классификации представлено на рисунке 1.

Рис. 1. Классификация чат-ботов

При разработке чат-бота для сбора данных была выбрана платформа Telegram. Несмотря на популярность таких мессенджеров в России как WhatsApp и на втором месте – Viber, Telegram – наиболее технологически продвинутый и безопасный. Хоть в России его доля значительно уступает WhatsApp, но пользуются им большое количество продвинутых пользователей. По исследованию сервиса аналитики Telegram-каналов TGStat, только по направлению туризм в России насчитывается более 250 тысяч пользователей.

Сектор туризма является сферой, требующей постоянных онлайн коммуникаций. Турфирмам и авиакомпаниям необходимо всегда быть онлайн и быть готовыми ответить на вопросы клиентов. Поэтому в этой сфере стали очень популярны чат-боты, которые помогут клиентам быстро решать возникшие проблемы [5]. С помощью ботов пользователь, может получить нужную информацию или использовать бота для конкретной задачи в любое время.

В результате разработки планируется получить простого чат бота, с использованием кнопочного интерфейса, выполняющего функциональные действия. В дальнейшей работе Telegram бот будет использоваться как инструмент для сбора данных о пользователях, посетивших какое-либо мероприятие. Написание программы для бота будет выполняться в редакторе кода Visual Studio Code. Для разработки бота был выбран стек технологий: Node.js, TypeScript, PostgreSQL.

Разработка метода для сбора данных

Для дальнейшего плана разработки чат-бота для сбора данных о пользователях, посетивших мероприятие, был составлен алгоритм планируемой работы бота. Пользователь – турист – добавляет чат-бота в мессенджере Telegram, перейдя по QR коду. Данный код будет являться уникальной ссылкой на выбранное мероприятие. При переходе в чат–бот происходит генерация и отправка запроса с просьбой выбрать город откуда прибыл пользователь. Это предусмотрено для того, чтобы в дальнейшем проанализировать является пользователь туристом или нет. Далее появляется возможность поделиться гео–локацией, для подтверждения нахождения пользователя на мероприятии. В бот отправляется гео–локация пользователя, которая имеет данные ширины и долготы. После отправки координаты пользователя сравниваются с координатами мероприятия. После получения ответа от пользователя, в системе происходит обработка результата и отправка данных в БД. Далее бот формирует ответ с подтверждением получения информации. Если пользователь находится в зоне проведения, то бот оповестит об этом и занесет данные в БД. Если же пользователь находится вне зоны проведения, то бот также оповестит об этом и данные не будут внесены в базу. Также в будущем планируется добавить опрос для пользователей о посещении мероприятия. Блок-схема алгоритма приведена на рисунке 2.

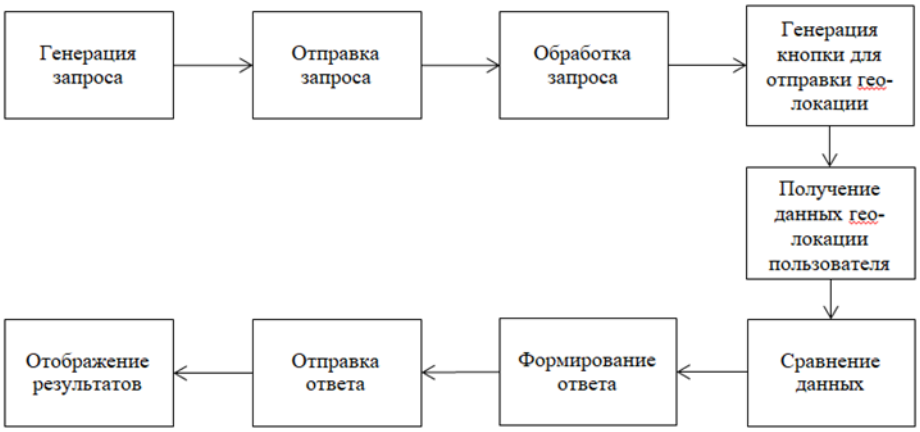


Рис. 2. Блок-схема алгоритма

Так, по описанному алгоритму был разработан чат-бот @itmo_tourist_bot на платформе Telegram. Данным способом бот получает данные о том, посетил ли пользователь мероприятие или нет. Далее с помощью собранной информации, хранящейся в БД, можно провести анализ: сколько людей посетили, проведенное мероприятие; из каких городов прибыли пользователи, для определения является ли гость мероприятия туристом или нет. Результат работы чат-бота представлен на рисунке 3.

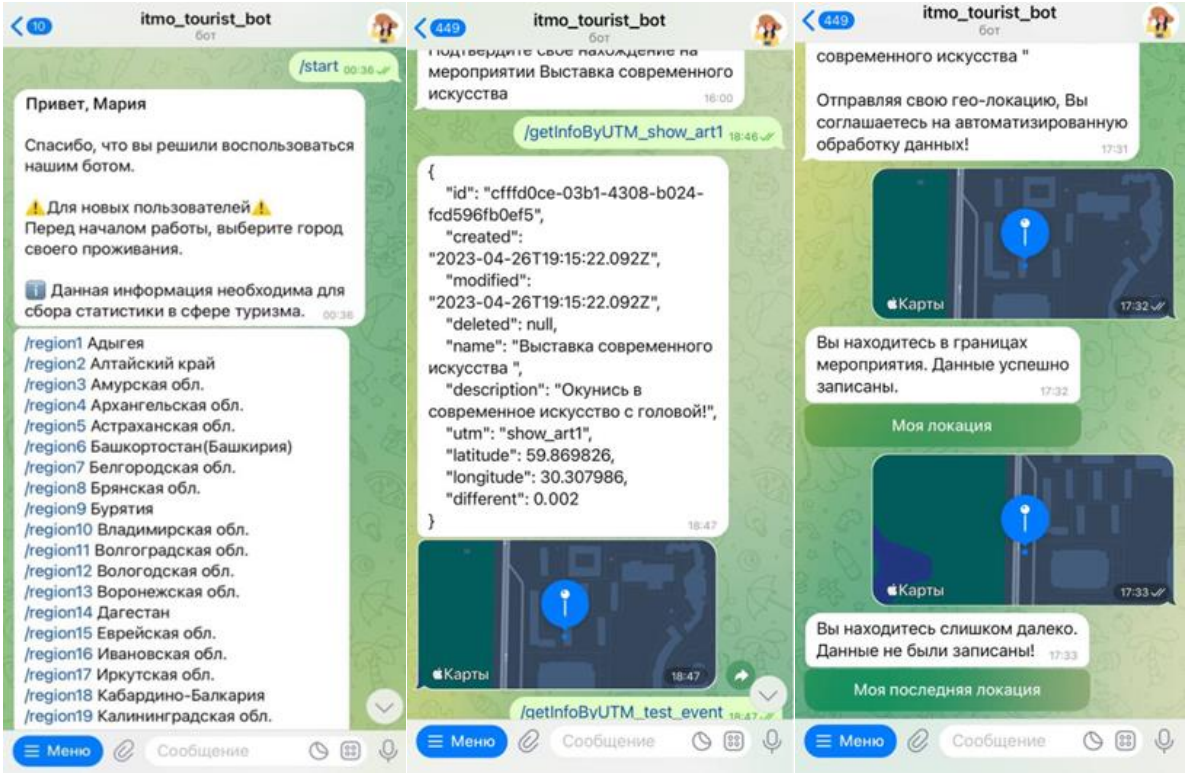


Рис. 3. Результат работы чат-бота @itmo_tourist_bot на платформе Telegram

Так, по полученной информации можно будет провести непосредственно анализ данных. Полученная информация о городе проживания пользователя даст понимание о том, может ли человек считаться туристом или нет. Также эти данные могут показать заинтересованность того или иного региона в проведении мероприятия. Например, для выставочной или концертной деятельности это принесет информацию о том, куда компании будет выгодно направить свои ресурсы. Также при добавлении опроса о прошедшем мероприятии, пользователь сможет поделиться своими впечатлениями, что тоже может быть полезно для улучшения качества последующих мероприятий.

В ходе работы были учтены преимущества существующих решений, которые были исследованы ранее. Разработанный чат-бот обладает следующими преимуществами:

1. В отличие от других мобильных приложений, которое требует установки и системного места в устройстве, бот в этом не нуждаются. Чтобы начать взаимодействие с ботом, нужно только перейти по QR-коду и начать беседу. Весь процесс взаимодействия занимает мало времени в сравнении с длительностью установки.
2. Распространять чат-бота среди пользователей гораздо легче, чем мобильные приложения.
3. Использование виртуального помощника экономит время человека, которое могло быть потрачено на поиск необходимой информации в Google или Яндекс. Поэтому можно сделать вывод, что чат-боты являются тенденцией будущего для развития сферы туризма.

Далее в работе выбранный метод для сбора и анализа данных был описан в виде алгоритма работы чат-бота. В дальнейшем с помощью Telegram бота будет проводится: сбор данных о посещении человеком выбранного мероприятия с использованием гео-локации; анализ полученной информации для выявления считается ли пользователем туристом или нет с помощью указания города проживания; анализ обратного отклика от пользователя с использованием опроса. С помощью данного метода различные музейные выставки и мероприятия смогут отслеживать заинтересованность посетителей, а также привлекать молодое поколение. Сейчас исследование находится на этапе доработки чат-бота, в дальнейшем планируется провести тестовые работы с помощью внедрения бота в выбранное мероприятие.

Список использованных источников

1. Большие данные – будущее туризма. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.hse.ru/ma/tourism/news/324106392.html (дата обращения: 10.01.2022).
2. Система информационного обеспечения туризма. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://turizm-centr.ru/sistema-informatsionnogo-obespecheniya-turizma-eto (дата обращения: 10.01.2022).
3. Use Chatbots for Marketing in 2023. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.engati.com/blog/chatbots-for-marketing (дата обращения: 10.01.2022).
4. Best AI Chatbot Platforms for 2023. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://influencermarketinghub.com/ai-chatbot-platforms/ (дата обращения: 10.01.2022).
5. Исследование аудитории Telegram. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://tgstat.ru/research-2021 (дата обращения: 10.01.2022).

УДК 004.021

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПОСТРОЕНИЯ ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННЫХ ТУРИСТИЧЕСКИХ МАРШРУТОВ НА ОСНОВЕ НАИБОЛЕЕ ПОПУЛЯРНЫХ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ КРИТЕРИЕВ

Полонская Т.С.[1] *(студент)*
Научный руководитель – доктор технических наук, доцент Басов О.О.[1]

[1]*Университет ИТМО*

e-mail: tatyanapolonsckaja@yandex.ru

Работа выполнена в рамках темы НИР №622265 «Разработка алгоритмов интеграции внешней среды пользователей в экосистему их цифровых ассистентов»

В данной работе рассматривается тема эффективного построения маршрутов по выбранным критериям пользователя. Были выделены основные условия, по которым определяются траектории движения пешеходов и водителей, проведен сравнительный анализ существующих подходов и выведен ориентир на дальнейшие вопросы исследования.

Ключевые слова
Маршрутизация, оптимизация, туристические маршруты, алгоритмы построения маршрутов, параметры маршрутов.

Данная работа направлена на обзор существующих параметров построения маршрутов в соответствии с различными условиями пользователя, для этого изучаются подходы к построению генеральной совокупности маршрутов по оптимизации нескольких критериев, в частности определение оптимального пути по нескольким параметрам пользователя, которые определены и конечны, с помощью методов машинного обучения.

Целью выступает обзор современных методов и подходов решения задачи построения многокритериальных маршрутов при различных условиях передвижения: личный транспорт, арендованный автомобиль и общественный транспорт. Для каждого существующего подхода необходимо определить эффективность применения для решения задачи маршрутизации, наличие несоответствий и возможная доработка алгоритмов, а также выявление мало изученных проблем предметной области.

На сегодняшний день распространен способ построения маршрута по критерию времени или расстояния, однако для целей, например, избежать очередей к достопримечательности и успеть завершить тур за день мало известны подходы для их решения. Стоит проверить гипотезу о том, что современные подходы выделяют лишь один или пару параметров, которые не всегда соответствуют предпочтениям пользователя.

На сегодняшний день существуют тысячи приложений, которые за секунды найдут расстояние от точки А до точки Б. Это расстояние будет оптимальным по расстоянию. Однако если представить, что действие происходит в городе и предложенный путь проходит по самому загруженному шоссе, будет ли этот путь оптимален по времени? Стоит ли учитывать оптимальность и по времени, и по расстоянию? А что, если стоит учитывать гораздо больше факторов, чтобы путь был оптимален в конкретном случае.

Над этим вопросом задумываются многие исследователи и об этом говорит количество научных публикаций. Для анализа предметной области использованы только новейшие материалы, с публикации которых прошло не более пяти лет, так как тема маршрутизации сделала огромные скачки за короткое время и исследование ранней литературы может затруднить понимание методов и их эффективность.

Можно выделить несколько сфер применения методов построения маршрутов:

- построение маршрутов для производственных целей,
- построение маршрутов для туристических целей: однодневные поездки, самостоятельные туристы, посещение горячих точек и др.,
- построение маршрутов для городской транспортной сети,
- оптимизация методов построения маршрутов,
- другие малочисленные сферы.

На данном этапе можно выделить сферу исследования построения туристических маршрутов, как наиболее востребованную. Туристические маршруты должны учитывать множество факторов и отвечать поставленным условиям самих туристов: от цены на проезд до эффективности распределения всего времени на все поставленные точки на карте. Еще одним преимущество туризма является то, что это направление не теряет актуальности. Возросло качество построения маршрутов в онлайн-картах, что дало развитию самостоятельного туризма. К тому же еще актуальность темы сильно возросла во время распространения COVID-19, так как массовые мероприятия надолго отошли на задний план из-за риска заражения.

Для анализа области стоит обратиться к двум аспектам составления алгоритмов маршрутизации: обзор основных выделенных критериев и обзор выбранных алгоритмов решения задачи.

На построение маршрутов для туристических целей обращали внимание многие авторы. Так, например, в своей работе Лонг Лю и др. [1] обращают внимание на аспект персонализации маршрутов, в частности, на каждого туриста с учетом реального времени. Работа достаточно ориентирована на учет самостоятельного вождения пользователя, а также на существующей смоделированной системой связи между транспортными средствами. С одной стороны, используется стандартный набор параметров: интерес достопримечательности, расстояние до нее, плата, условия движения на дороге, с другой стороны учитываются очереди и дорожные условия маршрута, которые имеются в реальном времени. Такой подход к решению задачи накладывает дополнительные сложности: а) требуются значительные инвестиции в туристические точки для внедрения системы «наблюдения» за очередями и другими аспектами, б) не ясно из исследования, можно ли считать информацию об очередях достаточной, чтобы рекомендовать тот или иной маршрут. Поэтому данный подход актуален для мест, хорошо оснащенных техникой и системой наблюдения, что возможно только в крупных городах или популярных местах.

Следующий подход основан на анализе исторического поведения в уже совершенных путешествиях [2]. В исследовании показаны данные по маршрутам водителей в Пекине, так было выяснено на примере с тремя водителями, что путь с наименьшим расстоянием не выбрал никто. Поэтому авторы выделили основные аспекты, на которые следует обращать внимание: история перемещения пользователей, посещенные места и частота посещений, время суток путешествия. Этот подход хорошо показывает значимость исторических данных, а также подкреплен статистическими тестами, поэтому эффективность алгоритма очень высока. Выбранные показатели в подходе ориентированы на городское движение, однако неясно как это подходит для отдельно взятых туристов в городе, которые впервые посещают тот или иной участок пути.

Использование эвристического подхода для разработки персонализированных маршрутов городского туризма с выбором отеля использует совсем другой подход к оценке параметров, что определяется иной поставленной задачей [3]. В исследовании выявлено, что расположение отеля влияет на мобильность туристов в городской среде, так и обратная зависимость имеет место быть: туристическая деятельность в округе влияет на выбор отелей, поэтому одним из важнейших критериев построения маршрутов в этом подходе является расположение отеля. Алгоритм получает все интересы пользователя, путем самостоятельного ввода необходимых мест туристом, и строит оптимальный маршрут на день с одинаковой начальной и конечной точкой - координаты отеля. Данный подход ориентирован на пеших туристов без личного

автомобиля, так как оптимальность пути определяется по минимальному пройденному расстоянию, однако оптимальность маршрутов для водителей остается сомнительной из-за их слабой зависимости от расстояния. Стоит отметить, что путешествие в однодневной перспективе ориентируется на построение маршрута с одинаковой начальной и конечной точкой, выбора нескольких вершин для посещения, а также учет времени, проведенного в этих вершинах. Поэтому можно сказать, что алгоритм направлен на составление плана путешествий, что оставляет ряд решенных вопросов для построения пути по набору критерий.

Многообразие работ ведет за собой многообразие параметров, на которые ориентируются те или иные авторы подходов персональной маршрутизации. Поэтому стоит выделить основной перечень главных аспектов. На основе проанализированных работ [1-3] были выделены следующие критерии маршрутов:

- интерес достопримечательности,
- плата за дорогу,
- расстояние до достопримечательности,
- дорожные условия,
- очереди,
- история перемещений,
- посещенные места,
- частота посещений,
- время суток,
- расположение дома/отеля.

На основе перечня, выделены наиболее часто встречающиеся показатели: дорожные условия, история перемещений, частота посещений мест, время суток передвижения. Персонализированные службы рекомендаций на основе выбранных параметров могут повысить удовлетворенность пользователей за счет уменьшения проблемы информационной перегрузки. Для сравнения эффективности построения маршрутов по выбранным параметрам необходимо проанализировать в отдельности существующие способы решения.

Построение маршрута остается актуальной задачей, хотя количество решений неизменно увеличивается. Основываясь на существующих подходах, можно выделить несколько групп, которые состоят из схожих алгоритмов решения.

Первый подход основан на методе сравнения маршрута по сходству с идеальным решением, один из самых популярных алгоритмов принятия решений с несколькими критериями [1]. Во-первых, определяется положительный и отрицательный идеальный маршрут. Для решения дальнейшего авторы используют еще один модуль - формирование маршрута фокусируется на поиске оптимального маршрута для самостоятельных туристов на основе информации о дорожном движении в режиме реального времени, атрибутов маршрута и интересов и предпочтений туристов. В этом модуле есть два основных компонента: модель оптимизации и псевдокод генерации маршрута. Недостатком в методе являются дополнительные требования к туристам - каждый автомобиль должен быть оснащен устройствами для обеспечения связи друг с другом и сбора соответствующей информации в режиме реального времени. Каждая точка также должна быть оснащена устройством связи, которое может передавать соответствующую информацию в режиме реального времени на все оборудованные транспортные средства поблизости. Преимуществом подхода является то, что самостоятельные туристы могут получать персонализированные рекомендации маршрутов на основе своих требований к персонализации и контекстной информации в режиме реального времени.

Второй подход основан на том, что маршрутизация с выбором отеля является вариантом задачи ориентирования, которая, как было доказано, является NP-трудной задачей оптимизации комбинаций [3]. Авторы рассматривают алгоритм как задачу двухуровневой оптимизации. В частности, они предложили трехэтапный эвристический подход, который включает инициализацию, процесс эволюции и управление населением, внедряя эвристический подход. Метод использует улучшенную стратегию мутации в генетическом алгоритме для повышения

качества решений, а также корректирует структуру эвристического алгоритма для получения благоприятного компромисса между качеством решений и вычислительной сложностью. Такой подход является вариантом решения задачи нахождения маршрута между вершинами (достопримечательностями), однако для реализации построения пути с расширенным набором и возможностью выбрать другую конечную точку необходимо полностью изменить алгоритм, согласно теореме о бесплатном обеде.

Третий подход изучает предпочтения водителя в отношении маршрута путем общения с водителями и соответствующим образом рекомендует маршрут. Кампи Готто и др. задают водителю общие социально-демографические вопросы, чтобы классифицировать пользователя на один из классов и предоставить решение о маршруте в форме бинарного сравнения [4]. На основе полученных значений, которые соответствуют набору параметров от пользователя, используется алгоритм много классовой классификации. Хотя спросить водителя – это самый простой способ узнать предпочтения пользователя, однако водителям достаточно трудно точно выразить свои предпочтения по каждому критерию, а суждения водителя во многих практических случаях неопределенны - о чем отвечают сами авторы данной работы. Также в работе не уточнялось, является ли опрос единоразовым или есть возможность доработки за счет ежедневных отчетах о выборе пользователей.

Четвертый подход состоит в том, чтобы построить граф на основе опыта из исторических траекторий и вычислить кратчайший или наиболее подходящий маршрут. Выбирается подмножество траекторий из исторических траекторий в соответствии с предпочтениями водителя, а также пространственно-временными свойствами и строится подграф, используя выбранные траектории, чтобы найти кратчайший путь [2]. Нето и др. используют метод прогнозирования с помощью метода частичного сопоставления, чтобы выбрать подмножество траекторий из исторических траекторий и получить наиболее похожую поездку [5]. Хотя этот метод выбирает похожие маршруты с учетом предпочтений водителя, он не может анализировать предпочтения водителя для каждого сегмента дороги вдоль пути.

Так как множество работ выполнены совершенно на разные ориентиры данных, которые представлены в этом пункте, то следует структурировать их по показателям в алгоритмах для сравнения оптимальности каждого. Поэтому на основе рассмотренных исследований была составлена сравнительная таблица, представленная ниже.

Таблица

Сравнительная таблица исследований

Основные показатели	**Работы**				
	[1]	**[2]**	**[3]**	**[4]**	**[5]**
Ориентированность на пользователя	+	-	+	-	+
Множественность критериев	+	+	+	+	-
Оптимизация планирования маршрута	-	-	-	+	-
Режим реального времени	+	-	-	-	-
Короткие дистанции	+	+	+	+	-
Метод использует историю посещений	-	+	-	+	+

По вертикали указаны основные показатели методов, применяемых в работах [1–5], представленных по горизонтали, которые были описаны ранее.

Исходя из результатов сравнения таблицы, можно определить, что оптимальный метод для составления маршрута по ряду критериев состоит либо в отсутствии реального времени, либо с использованием истории посещений, но без оптимизации планирования.

Данный анализ оставляет ряд нерешенных вопросов, а именно: можно ли получить оптимальный маршрут на основе истории перемещений и выбранных параметров пользователей. На основе этого выявлен следующий ряд задач для дальнейшего исследования: способно ли рассмотрение дополнительных алгоритмов или совокупности алгоритмов повысить качество построения маршрутов с использованием всех выделенных параметров. Еще одним направлением исследования: параметр выбора транспорта для туристов обладает большой ценностью, поэтому этот вопрос стоит также рассмотреть. Исходя из предыдущей

задачи, потенциальным направлением можно выделить расширение параметров построения маршрута с классификацией туристов между местными и иностранными.

Резюмируя, на основе всех проанализированных работ, представленных в базе данных Scopus, было определено, что малое количество методов используют несколько критериев для построения маршрутов пользователя по выбранным параметрам, только несколько из алгоритмов способны работать в режиме реального времени. На основе составленного анализа был составлен список существующих решений, их представление в виде таблицы и проведен сравнительный анализ их достоинств и недостатков.

Целью было определение эффективности современных методов и подходов, однако, были выявлены неизученные проблемы предметной области в области определения оптимальности набора критериев для маршрутизации, что не дает возможности для определения именно эффективности использования подходов. Поэтому глобальной задачей дальнейшей работы является исследование именно этих проблем.

Список использованных источников

1. Long L., Jin X., Stephen S.L., Huaping C. A real-time personalized route recommendation system for self-drive tourists based on vehicle-to-vehicle communication // Expert Systems with Applications. 2018. Vol. 41. Pp. 3409–3417.
2. Oliveira S., R.A., Cui, G., Rahimi, S.M. et al. Personalized route recommendation through historical travel behavior analysis // Geoinformatica. 2022. Vol. 26. Pp. 505–540.
3. Weimin Z., Haipeng J., Congren L., Wenhui W., Bilian Y. Using a heuristic approach to design personalized urban tourism itineraries with hotel selection // Tourism Management. 2020. Vol. 76. Pp. 26–37.
4. Campigotto P., Rudloff C., Leodolter M., Bauer D. Personalized and Situation-Aware Multimodal Route Recommendations: The FAVOUR Algorithm // Intelligent Transportation Systems. 2018. Vol. 18. Pp. 92–102.
5. Dantas N.F., Cláudio B., Claudio E., Campelo C. Combining Markov model and Prediction by Partial Matching compression technique for route and destination prediction // Knowledge-Based Systems. 2018. Vol. 154. Pp. 262–272.

УДК 004.932.2

АВТОМАТИЧЕСКОЕ РАСПОЗНАВАНИЕ ЭМОЦИОНАЛЬНО ОКРАШЕННОЙ РЕЧИ ПО ВИДЕОИНФОРМАЦИИ

Рюмина Е.В.[1,2] *(аспирант)*

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Карпов А.А.[1,2]

[1]*Университет ИТМО*
[2]*Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук*

e-mail: ryumina_ev@mai.ru

Исследование выполнено при поддержке Совета по грантам Президента РФ (грант № МК-42.2022.4)

В работе предложен метод автоматического распознавания эмоционально окрашенной речи по видеоинформации. В основе разработанного метода лежит 3D сверточная нейронная сеть на основе архитектуры модели ResNet-18. Исследование проводилось на крупномасштабном эмоциональном корпусе CREMA-D. Исследовано влияние эмоций на показатель эффективности распознавания двенадцати фраз. Результаты экспериментов показали, что при обучении на фразах, произнесенных с эмоцией печаль, достигается максимальный показатель эффективности распознавания фраз (68,6%).

Ключевые слова
Эмоционально окрашенная речь, эмоции человека, чтение по губам, машинное обучение, нейронные сети.

Автоматическое чтение речи по губам сегодня является актуальной областью исследований. Такие системы активно используются в различных сферах человеческой жизнедеятельности: безопасности, медицине, маркетинге, образовании и т. д. Тем не менее, современные автоматические системы распознавания визуальной речи имеют много проблем, среди которых – уязвимость к эмоционально окрашенной речи. Так, в зависимости от эмоций диктора, меняется: тембр, высота и громкость голоса, продолжительность звуков, продолжительность пауз и артикуляция.

В этой статье представлен метод автоматического распознавания эмоционально окрашенной речи по видеоинформации, разработанный с учетом последних достижений в глубоком машинном обучении. Основным преимуществом предлагаемого метода является повышение показателя эффективности автоматических методов чтения речи по губам за счет учета специфики эмоционально окрашенной речи.

В предыдущем исследовании [1], выполнен аналитический обзор мультимодальных корпусов пригодных для оценки влияния эмоционального состояния диктора на автоматическое распознавание фраз по видеоинформации. Обзор показал, что на сегодняшний день известно только четыре корпуса, которые потенциально позволят решить поставленную задачу: CREMA-D, RAVDESS, SAVEE и eNTERFACE’05. В данной статье исследование проводится с использованием крупномасштабного корпуса CREMA-D [2], который отличается от остальных тем, что в нем представлено больше всего дикторов – 91 в возрасте от 20 до 74 лет. Корпус CREMA-D разрабатывался с использованием двенадцати фраз, произнесённых с шестью эмоциями: «злость», «страх», «нейтральное состояние», «счастье», «отвращение» и «печаль». Одна из фраз произносилась дикторами дополнительно с разным уровнем интенсивности (низкая, высокая и средняя). В среднем от каждого диктора записано 75 аудиовизуальных клипов. На рисунке 1 представлены примеры эмоциональных кадров из корпуса CREMA-D.

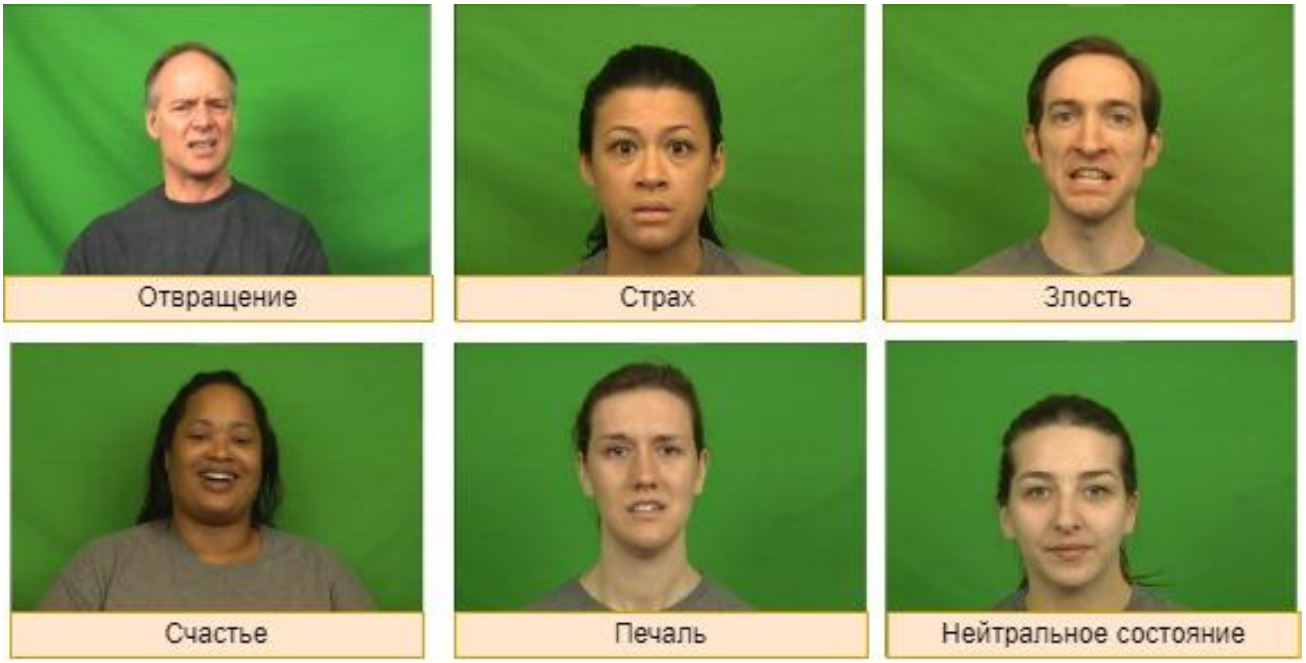


Рис. 1. Примеры эмоциональных кадров из корпуса CREMA-D

Как можно заметить из рисунка 1 дикторы записывались на зеленом фоне при одинаковом освещении, однако при этом они равноудалены от камеры, что добавляет вариативность данных и может негативно сказаться на показатель эффективности метода для чтения речи по губам.

Предложенный метод и экспериментальные результаты

Для разработки метода необходимо выполнить подготовку исследовательского корпуса. Корпус CREMA-D имеет 7 441 аудиовизуальных клипа, продолжительность преимущественно 2–3 секунды, при этом средняя продолжительность составляет 2,5 секунды. На рисунке 2 представлено распределение аудиовизуальных клипов по их продолжительности.

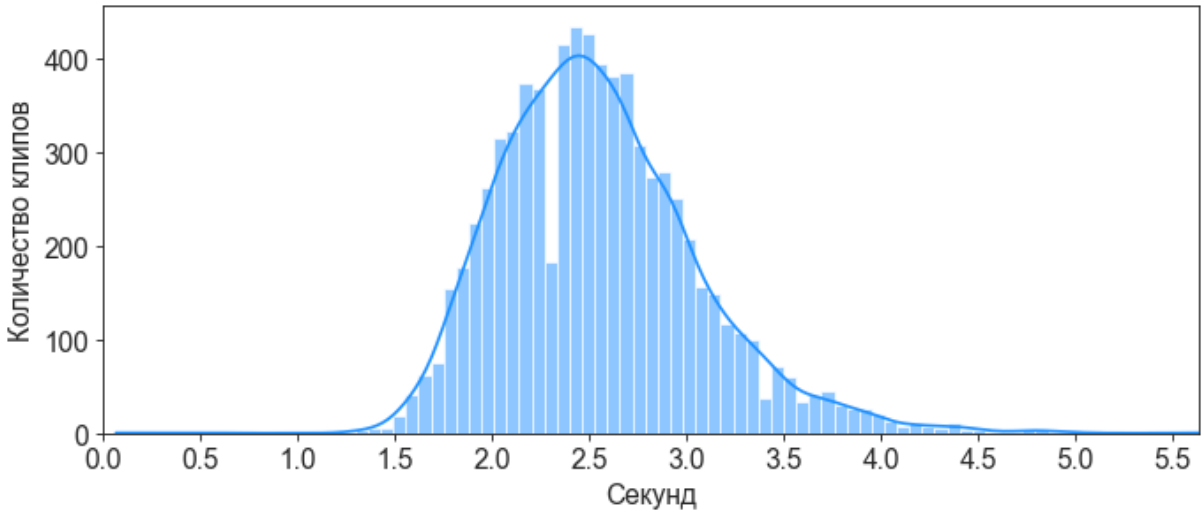


Рис. 2. Распределение клипов по их продолжительности

Авторы корпуса заранее не предоставили разбиение клипов на обучающую, проверочную и тестовую выборки. Чтобы разработать надежный метод распознавания фраз, корпус поделен на выборки с учетом распределения дикторов по их полу и возрасту. В таблице 1 представлены некоторые характеристики корпуса в разрезе выборок. Как можно заметить из таблицы 1 характеристики корпуса поделены в примерном соотношении: 70% или 5 146 клипов (обучающая выборка), 10% – 737 клипов (проверочная), 20% – 1558 клипов (тестовая).

Таблица 1

Распределение характеристик корпуса в разрезе выборок

Характеристика	Категория	Обучающая	Проверочная	Тестовая	Итого
Количество дикторов, шт.	–	63 (69%)	9 (10%)	19 (21%)	91
Пол, шт.	Мужчина	33 (69%)	4 (8%)	11 (23%)	48
	Женщина	30 (70%)	5 (12%)	8 (18%)	43
Возрастная группа, шт.	от 20 до 29 лет	23 (68%)	3 (9%)	8 (23%)	34
	от 30 до 39 лет	16 (70%)	2 (9%)	5 (21%)	23
	от 40 до 59 лет	11 (69%)	2 (13%)	3 (18%)	16
	старше 60 лет	13 (72%)	2 (11%)	3 (17%)	18
Количество клипов, шт.	–	5 146 (69%)	737 (10%)	1 558 (21%)	7 441 / 100

Современные методы, разработанные для автоматического распознаванию речи по видеоинформации, основаны на остаточных архитектурах нейронных сетей [3]. В связи со сложившейся тенденцией в текущем исследовании используется 3D сверточная нейронная сеть (от англ. 3D Convolutional Neural Network, 3DCNN) на базе ResNet-18. Архитектура нейронной сети представлена на рисунке 3.

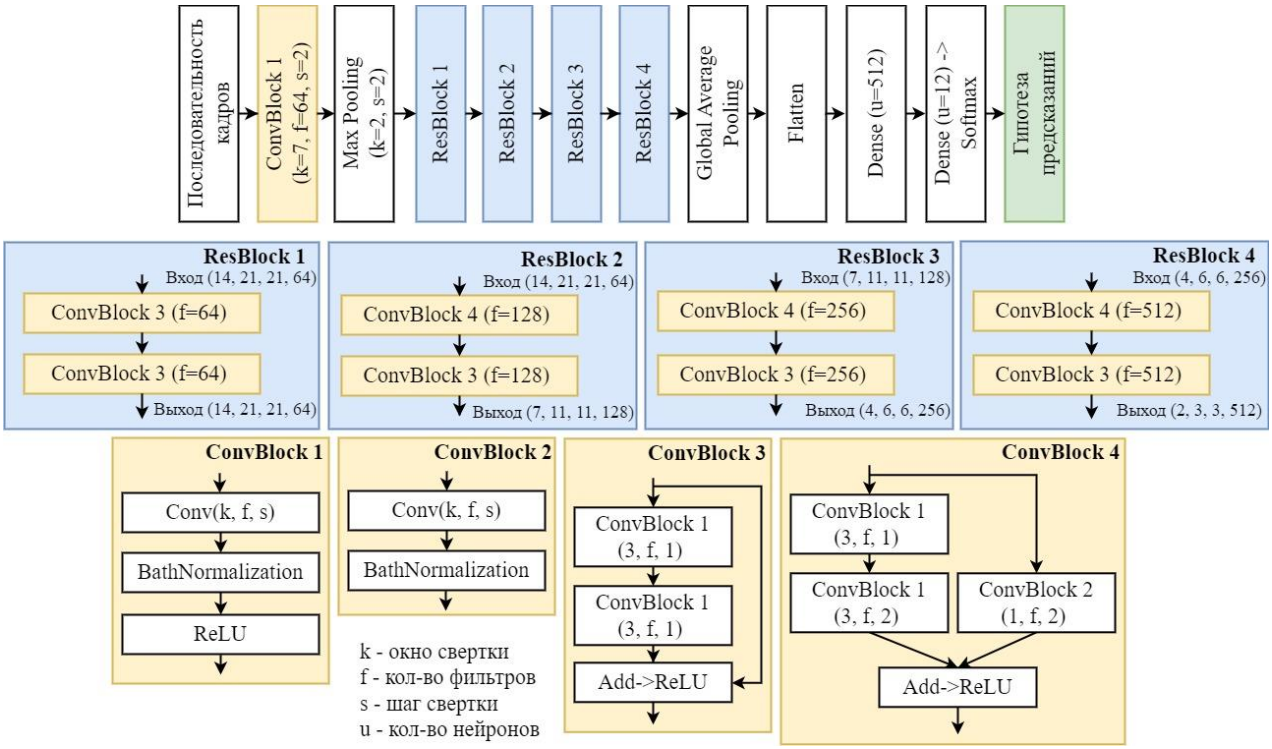


Рис. 3. Архитектура 3DCNN модели

Как можно заметить из рисунка 3, архитектура предложенной нейронной сети состоит из четырех остаточных блоков, в каждом блоке по два сверточных блока. В общей сложности 3DCNN имеет 20 сверточных слоев. На вход нейронная сеть применяет последовательность кадров размерностью 60×88×88×3, где 60 – это количество кадров в последовательности, 88×88 – ширина и высота кадра, 3 – количество каналов кадра. Выходом последнего остаточного блока является карта признаков размерностью 2×3×3×512. Завершает архитектуру модели два полносвязных нейронных слоя на 512 и 12 нейронной. Последний полносвязный слой определяет наиболее вероятную гипотезу из двенадцати возможных фраз (классов). Модель 3DCNN за счет использования t×d×d окна свертки позволяет сворачивать входную последовательность кадров в пространстве по ширине, высоте изображения (d×d) и во времени по количеству кадров в последовательности (t).

Для проведения экспериментов обучающая выборка делилась на шесть подвыборок по шести эмоциям. Проверочная и тестовая выборки оставались неизменными для всех экспериментов. Перед проведением серий экспериментов в разрезе каждой обучающей подвыборки параметры 3DCNN модели оптимизировались с использованием только подвыборки, содержащие фразы, произнесенные в «нейтральном состоянии». В процессе оптимизации модели подбирались следующие обучающие параметры: длина последовательности, размер изображения, размер партии, количество каналов изображений. Обучение моделей проводилось на 100 эпохах, с использованием алгоритма оптимизации со стохастическим градиентным спуском (от англ. Stochastic gradient descent, SGD) и со скоростью обучения равной 0,001. Обучение останавливалось, если показатель эффективности не увеличивался в течение шести эпох на Проверочной выборке. Для обнаружения областей губ использовалась библиотека с открытым исходным кодом MediaPipe [4]. Для обучения моделей использовалась длина последовательности 30/60 кадров с шагом в два раза меньше заданной длины последовательности. Кадры выбирались последовательно из видео без прореживания.

Результаты эксперимента по показателю эффективности невзвешенной средней полноты (от англ. Unweighted Average Recall, UAR) для тестовой выборки представлены в таблице 2.

Таблица 2

Выбор параметров обучения 3DCNN модели

Размер	Количество каналов	Длина последовательности	UAR
88×88	3	30	64,6
		60	65,7
	1		61,0
44×44	3		65,3
112×112			62,2

По результатам экспериментов выявлено, что наибольшее значение UAR для распознавания двенадцати фраз достигается при размере изображения 88×88×3 пикселей и длине последовательности равной 60. Далее, все модели обучались с использованием лучших обучающих параметров.

В таблице 3 показаны результаты UAR для семи моделей чтения речи по губам: шесть моделей, обученных на фразах, произнесенных отдельно с каждой из шести эмоций, а также одна модель, обученная на фразах, произнесенных со всеми эмоциями одновременно.

Таблица 3

Зависимость показателя эффективности чтения речи по губам от обучающих эмоций

Обучающая эмоция	Показатель UAR для распознавания двенадцати фраз в разрезе эмоций на тестовой выборке						Средняя UAR
	Нейтральное состояние	Злость	Отвращение	Страх	Счастье	Печаль	
Нейтральное состояние	79,0	68,3	53,4	64,3	63,2	66,8	65,8
Злость	63,2	78,4	47,8	60,2	54,1	52,9	59,4
Отвращение	56,6	56,9	50,2	55,7	53,7	56,0	54,8
Страх	66,2	74,4	54,8	78,5	65,5	61,3	66,8
Счастье	54,4	56,6	49,1	62,1	78,2	53,8	59,0
Печаль	72,4	70,9	59,2	73,1	60,7	75,4	68,6
Средняя UAR	73,3	67,5	57,3	64,5	57,2	61,2	73,3
Все эмоции	73,3	72,8	53,7	70,5	70,0	66,5	67,8

Результаты экспериментов представленные в таблице 3 демонстрируют, что модель, обученная на фразах, произнесенных с эмоцией «отвращение», показывает наименьший средний показатель UAR = 54,8% для распознавания двенадцати фраз. Тогда как, модель,

обученная на фразах, произнесенных с эмоцией «печаль», показывает наивысший средний показатель UAR = 68,8%. Это объясняется тем, что эмоция «отвращение» существенно искажает губы и артикуляцию дикторов. Кроме того, дикторы склонны по-разному выражать эмоцию «отвращение» визуально. Тогда как, при эмоции «печаль», диктор говорит фразы более медленно, что делает артикуляцию губ более четкой. Таким образом, можно заключить, что в зависимости от обучающей эмоции средний показатель эффективности UAR возрастает с 54,8% до 68,6%, в абсолютном приросте это составляет 13,8%.

Кроме того, как и ожидалось, наилучший показатель эффективности распознавания двенадцати фраз на тестовой выборке достигается для эмоциональных фраз, на которых обучалась каждая из моделей. Однако данная тенденция не характерна для тестовой эмоции «отвращение».

Из таблицы 3 также следует, что несмотря на эмоцию, используемую для обучения моделей, показатель эффективности распознавания на тестовой выборке выше для фраз, произнесенных с эмоцией «злость» (среднее UAR = 73,3%), если не считать «нейтральное состояние» (среднее UAR = 67,5%). Тогда как меньше всего – с эмоциями «счастье» (среднее UAR = 57,2) и «отвращение» (среднее UAR = 57,3).

Как правило методы распознавания речи по аудио или видео реализуются на данных, собранных в лабораторных условиях, когда исключен какой-либо посторонний шум, смена освещенности, при этом запись дикторов производится только в «нейтральном состоянии» [5]. Менее часто методы распознавания речи по аудио или видео реализуются на данных, собранных в натурных условиях [6]. Как можно заметить, из представленных результатов, при лабораторных условиях показатель эффективности распознавания фраз составляет 65,8%, при натурных – 67,8%, что превосходит предыдущую экспериментальную установку на 2%. Однако, если разработать метод распознавания речи, учитывающий ее эмоциональный окрас, т. е. в зависимости от эмоций будет использоваться своя модель распознавания речи, то с помощью такого метода может достигаться показатель эффективности распознавания фраз 73,3%, что относительно метода в натурных условия превосходит 5,5%, метода в лабораторных условиях – 7,5%. Однако для разработки такого метода необходимо реализовать эффективный метод распознавания эмоций.

В работе предложен метод автоматического распознавания эмоционально окрашенной речи по видеоинформации. В основе разработанного метода лежит 3DCNN. Исследование проводилось на общедоступном корпусе CREMA-D. Выполнена оптимизация модели 3DCNN и исследовано влияние эмоций человека на показатель эффективности распознавания фраз. Результаты экспериментов показали, что при размере изображения 88×88×3 пикселей и длине последовательности равной 60 с помощью модели 3DCNN достигается лучший показатель эффективности распознавания двенадцати фраз равный 65,7%. При этом обнаружено, что при разработке метода распознавания речи, следует учитывать ее эмоциональный окрас, и разрабатывать несколько моделей распознавания речи индивидуально для каждой эмоции, в таком случае достигается показатель эффективности распознавания фраз равный 73,3%.

Список использованных источников

1. Рюмина Е.В., Иванько Д. Обзор мультимодальных корпусов для исследования влияния эмоционального состояния диктора на автоматическое распознавание фраз по губам // Альманах научных работ молодых ученых Университета ИТМО. 2022. Т. 2. С. 361–364.
2. Cao H., Cooper D.G., Keutmann M.K., Gur R.C., Nenkova A., Verma R. CREMA-D: Crowd-sourced emotional multimodal actors' dataset // IEEE Trans. Affect. Comput. 2014. V. 5. № 4. Pp. 377–390. DOI: 10.1109/TAFFC.2014.2336244.
3. Ryumin D., Ivanko D., Ryumina E. Audio-Visual Speech and Gesture Recognition by Sensors of Mobile Devices // Sensors. 2023. V. 23. № 4. P. 2284. DOI: 10.3390/s23042284.

4. Grishchenko I., Ablavatski A., Kartynnik Y. et al. Attention mesh: High-fidelity face mesh prediction in real-time // CVPRW on Computer Vision for Augmented and Virtual Reality. 2020. Pp. 1–4.
5. Ivanko D., Axyonov A., Ryumin D., Kashevnik A., Karpov A. RUSAVIC Corpus: Russian audio-visual speech in cars // Thirteenth Language Resources and Evaluation Conference. 2022. Pp. 1555–1559.
6. Chung J.S., Zisserman A. Lip reading in the wild // Asian Conference on Computer Vision (ACCV). 2017. Pp. 87–103. DOI: 10.1007/978-3-319-54184-6_6.

УДК 004.62

РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ВЫБОРА МОДЕЛЕЙ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ДВИЖУЩИХСЯ ОБЪЕКТОВ В ВИДЕОПОТОКЕ НА ОСНОВЕ ПРОДУКЦИОННЫХ ПРАВИЛ

Сметанин А.А.[1] *(аспирант)*

Научный руководитель – доктор технических наук, доцент Духанов А.В.[1]

[1]*Университет ИТМО*

e-mail: artem_smetanin@niuitmo.ru, dukhanov@itmo.ru

Работа выполнена в рамках темы НИР №622273 «Разработка рекомендательной системы выбора или комбинирования моделей машинного обучения распознавания движущихся объектов в видеопотоке на основе продукционных правил»

Современные возможности фото-видео оборудования, дата-центров и алгоритмов распознавания и классификации объектов на изображениях позволяют решать соответствующие задачи компьютерного зрения с высокой точностью, нередко, превышающей 90% [1]. Поэтому соответствующие технологии получили широкое распространение в различных сферах профессиональной и частной деятельности человека. При этом практическое применение таких алгоритмов может осложняться под воздействием факторов, связанных с условиями получения и обработки фото-видео изображений, движением и деформацией объектов в кадре, и пр.

Данное исследование посвящено разработке рекомендательной системы выбора моделей машинного обучения для решения различных задач распознавания объектов. Принцип получения рекомендаций основан на продукционных правилах, составленных на основе экспериментальных исследований и анализе научных источников. Результатом работы системы является не только список моделей со степенью их значимости, но и рекомендации по формированию пайплайнов машинного обучения и установки и использованию соответствующих программных библиотек. В настоящей статье излагается проект данной системы с априорной оценкой значений метрик задач классификации объектов на изображениях.

Ключевые слова

Алгоритмы машинного обучения, распознавание объектов, рекомендательная система, продукционные правила, пайплайны машинного обучения.

В современном мире, в котором растут объемы генерируемых данных на единицу времени, а машинное обучение (МО) становится все более востребованным, актуально применение пайплайнов МО и ансамблей соответствующих моделей/архитектур. Одно из развивающихся направлений в данной области представлено разработкой рекомендательных систем (РС), которые позволяют полу- и автоматически находить наилучшее решение для конкретной задачи на основе имеющихся наборов данных (НД).

Целью работы является разработка РС по выбору или формированию композиций моделей МО для высокоточного детектирования объектов на видеопотоке в зависимости от условий съемки, НД и их свойств (в том числе, сбалансированности по классам). Такая система может быть использована во многих областях, таких как видеонаблюдение, автономные транспортные средства, медицинская диагностика, анализ дефектов изделий и многих других. Результат работы РС будет способствовать решению задач распознавания/классификации объектов с высоким уровнем значений метрик точности 90% и более. В основе рекомендательного алгоритма лежат продукционные правила, которые автоматически выбирают наилучшую модель для конкретной задачи на основе исходных данных и накопленного опыта. Для формирования таких правил проведены исследования на существующих моделях YOLO, Fast R-CNN, SSD и др. и на наборе данных COCO (cocodataset.org), Pascal VOC (pascal-network.com) и WaRP(https://github.com/AIRI-Institute/WaRP) [2, 3].

Важным преимуществом такой системы является ее гибкость и адаптивность к условиям и требованиям, определяемые задачей распознавания объектов. Она позволит значительно сократить время и усилия специалистов (датасайнтистов и разработчиков интеллектуальных информационных систем) при анализировании уникальных НД.

Оставшаяся часть статьи структурирована следующим образом. Сначала приводится краткий обзор похожих работ и на основании его результатов уточняется основная задача работы. Далее, в части «Предлагаемое решение» будет рассмотрен принцип формирования продукционных правил и алгоритм получения рекомендаций. Статья завершается заключением и списком источников.

Обзор научно-технических решений

На данный момент существует множество решений по созданию пайплайнов МО для обучения и использования моделей распознавания объектов – примеры решений приведены в таблице 1.

Таблица 1

Основные характеристики существующих решений по созданию пайплайнов машинного обучения для распознавания объектов

Название платформы	Основные функции	Недостатки
Visio AI (https://visio.ai/)	Создание пайплайнов высокоточных моделей при помощи графического интерфейса, адаптация алгоритмов машинного обучения под различные режимы работы и задачи	Закрытый внутренний процесс формирования пайпланов Ограниченный доступ к возможностям системы
RoboFlow (https://roboflow.com/)	Анализ данных пользователя, разметка наборов данных, обучение пайплайнов моделей семейства YOLO, развертывание моделей распознавания объектов при помощи графического интерфейса	Ограниченный возможности настройки Закрытый внутрений процесс формирования пайплайнов
Comet ML (https://www.comet.com/site/)	Анализ процесса обучения моделей, построение графиков и диаграмм процесса тренировки, настройка гиперпараметров модели	Нет рекомендаций по выбору архитектур

В большинстве таких систем процесс формирования пайплайна закрыт для пользователя, а настройка ограничена. В разрабатываемой нами системе пользователь всегда может понять на основе какого правила была дана рекомендация, а также полноценно настроить предлагаемую системой модель.

Предлагаемое решение

Рекомендательный алгоритм системы выбора или комбинирования моделей МО распознавания объектов на основе продукционных правил. Для каждой модели были проведены эксперименты на различных наборах данных, включая COCO, VOC и WaRP (табл. 2).

Таблица 2

Описание наборов данных для проведения экспериментов

Название набора	Краткое описание набора
MC COCO (Microsoft Common Objects in Context)	Крупномасштабный набор данных для обнаружения объектов созданный в 2015 году содержащий более 123 тысяч изображений 886 тысяч объектов для 91 класса
PASCAL VOC (PASCAL Visual Object Classification)	Один из самых известных наборов собранный в 2005 году содержащий 10 тыс. изображений для 20 классов
WaRP (Waste Recycling Plant Dataset)	Набор промышленных изображений твердых коммунальных отходов, содержащий около 3000 изображений для 27 классов

В ходе проведения экспериментов были выявлены важные показатели для оценки качества модели на основе измерения метрик качества, таких как средняя точность обнаружения (mAP), полнота (Recall) и точность (Accuracy). Для осуществления выбора наиболее эффективной модели скорость работы модели оценивалась на GPU и CPU.

Например, если размер изображений меньше 512x512 пикселей, то рекомендуется использовать модель YOLOv5-tiny, так как она обеспечивает высокую скорость работы на CPU и GPU при этой размерности изображений. Если же размер изображений больше 1024x1024 пикселей, то рекомендуется использовать модель EfficientDet-D7, так как она обеспечивает высокое качество обнаружения и точность при большой размерности изображений [6]. Другим примером правила может быть выбор модели на основе типа объектов, которые нужно распознавать. Если объекты имеют сложную структуру или форму, то рекомендуется использовать модель Mask R-CNN, так как она способна обнаруживать объекты с высокой точностью и создавать маски для каждого объекта. Если же объекты имеют простую форму и структуру, то рекомендуется использовать модель YOLOv5-x, так как она обеспечивает высокую скорость работы и точность при этом типе объектов.

По итогам проведения экспериментов были сформулированы правила выбора модели, которые представлены на рисунке 1.

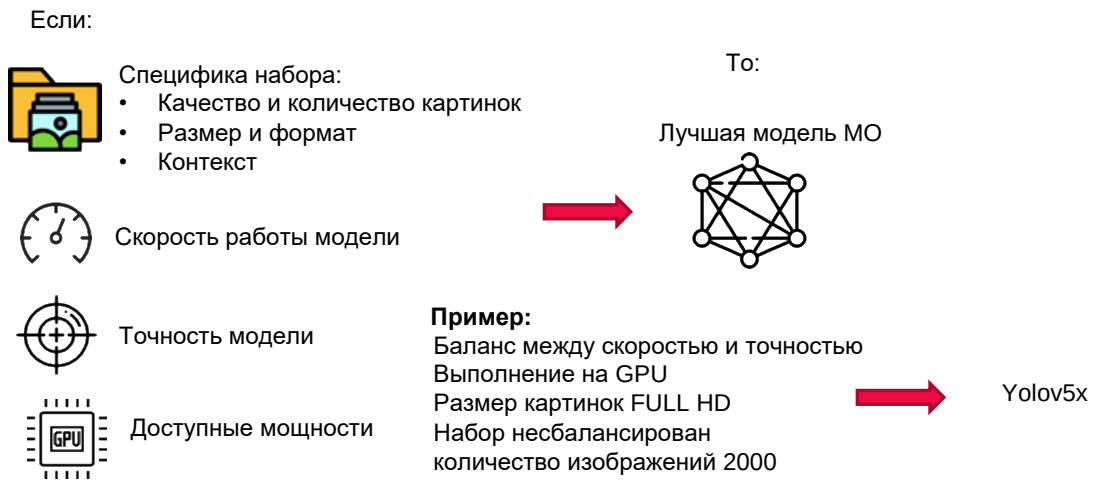


Рис. 1. Схема формирования продукционных правил

Таким образом, продукционные правила позволяют полу- и (или) автоматически выбирать наилучшую модель для конкретной задачи на основе имеющихся данных и «банка» моделей. Это делает рекомендательную систему гибкой и эффективной, что особенно важно в области распознавания движущихся объектов в видеопотоке в широком разнообразии условий получения соответствующих кадров.

Сам рекомендательный алгоритм является одним из наиболее распространенных алгоритмов машинного обучения, предназначенных для классификации объектов на основе их близости к ближайшим соседям в обучающем наборе данных. Схема его работы представлена на рисунке 2.

Характеристика набора данных и заданные пользователем требования к модели преобразуются в массив критериев. Далее формируется список наиболее подходящих моделей МО, исходя из результатов поиска оптимального решения (на основе «банка» моделей МО) путем применения алгоритма k-ближайших соседей (k-nearest neighbors - KNN) [7]. В контексте рекомендательных систем алгоритм KNN задействуется для поиска оптимального решения путем сравнения новых данных с уже имеющимися данными в базе знаний. Тем самым предусмотрена возможность гибкого обновления базы знаний. Массив критериев сравнивается с каждым объектом в базе знаний и определяется, какое из правил наилучшим образом под входные данные. На основе выбранного алгоритмом правила формируется ранжированный по степени соответствия условиями задачи список подходящих моделей.

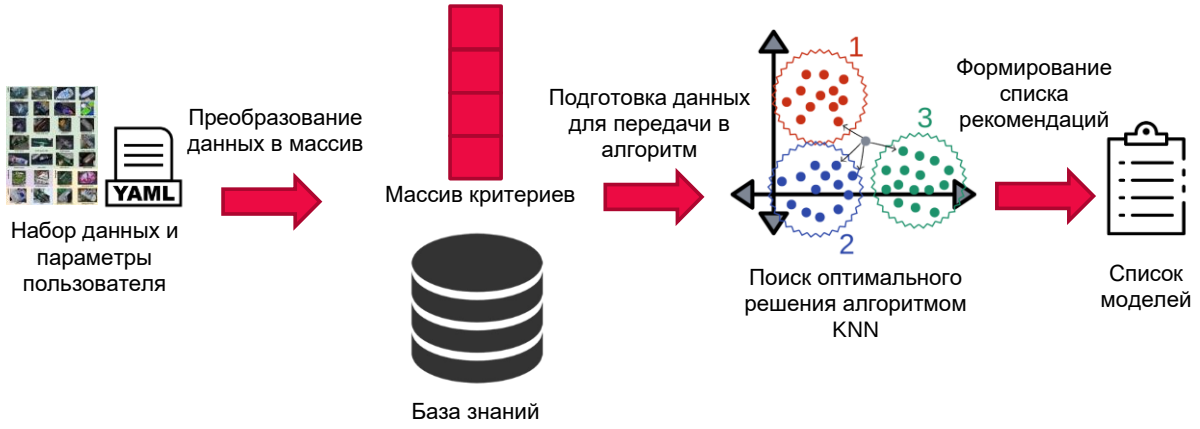


Рис. 2. Схема рекомендательного алгоритма системы

На текущем этапе исследования были решены следующие задачи:

В первую очередь были выбраны наиболее современные, производительные и точные архитектуры моделей МО – YOLO, Fast R-CNN, SSD. Выбор таких моделей осуществлялся при помощи алгоритма KNN на основе продукционных правил.

Для формирования правил, которые отражаются в базе знаний РС, были выбраны критерии, которые позволят определить наиболее подходящие модели под задачу пользователя: скорость, точность, оборудование, на котором будет использоваться модель (GPU или CPU).

Далее предложен алгоритм формирования рекомендаций, который является основой РС. Данный алгоритм будет использовать данные, получаемые от пользователей, и на основе обновляемой базы знаний формировать ранжированный перечень моделей МО для решения соответствующей задачи распознавания/классификации объектов в видеопотоке.

В дальнейшем планируется создание экспериментального образца РС, который будет реализовывать заявленные рекомендательные функции. Также планируется расширение базы знаний и критериев формирования продукционных правил. Это позволит улучшить функциональные характеристики РС.

За разработкой экспериментального образца РС можно следить, благодаря созданному репозиторию, доступному по адресу: https://github.com/saaresearch/ODRS.

Список использованных источников

1. Ni D., Xiao Z., Lim M.K. Machine learning in recycling business: an investigation of its practicality, benefits and future trends. Soft Comput. 2021. №. 25. Pp. 7907–7927.
2. Ge Z., Liu S., Wang F., Li Z., Sun J. Yolox: Exceeding yolo series in 2021. arXiv preprint arXiv:2107.08430.
3. Yang G. et al. Garbage classification system with yolov5 based on image recognition // IEEE 6th International Conference on Signal and Image Processing (ICSIP). 2021. Pp. 11–18.
4. Redmon J., Farhadi A. Yolov3: An incremental improvement. ArXiv abs/1804.02767.
5. Ren S., He K., Girshick R., Sun J. Faster r-cnn: Towards real-time object detection with region proposal networks. IEEE Transactions on Pattern Analysis Mach. Intell. 2015. №. 39. DOI: 10.1109/TPAMI.2016.2577031.
6. Tan M., Pang R., Quoc V. Le EfficientDet: Scalable and Efficient Object Detection Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. 2020. arXiv:1911.09070.
7. Gou J. et al. A sgeneralised mean distance-based k-nearest neighbor classifier // Expert Syst. Appl. 2019. №. 115. Pp. 356–372.

УДК 004.81

МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ЭМОЦИОНАЛЬНЫМ СОСТОЯНИЕМ ЧЕЛОВЕКА

Сома Г.М.[1] *(аспирант)*

Научный руководитель – PhD, медико-биологические науки Копаница Г.Д.[1]

[1]*Университет ИТМО*

e-mail: guedes.soma@mail.ru

В настоящее время существует недостаток систем, способных контролировать и управлять эмоциональным состоянием клиентов в системах обслуживания населения (СОН). В данной работе предложена новая модель управления эмоциональным состоянием человека, основанная на выражениях лица с применением сверточных нейронных сетей (CNN). Целью работы является разработка модели управления эмоциями для предотвращения конфликтов в СОН.

Ключевые слова
Эмоциональная состояния; выражения лица; модель; СОН; CNN.

Немаловажным фактором в человеческом взаимодействии является эмоциональное состояние собеседников, которое помогает понять их намерения. На сегодняшний день проблема управления эмоциями становится все более актуальной; это связано с тем, что жизнь с каждым годом становится все быстрее и напряженнее. В большинстве случаев люди не успевают полностью отдохнуть – заниматься спортом, проводить время на природе, все больше времени тратят на окружение других людей, часто с негативными настроениями [1]. В таких обстоятельствах эмоциональное состояние человека часто оказывается на первом месте, помутнение разума, и в результате начинаются бесконечные конфликты в местах обслуживания населения, взаимные недоразумения дома, болезни и нервные срывы. Статистические данные неутешительны – с каждым годом процент таких негативных событий увеличивается [2]. По данным исследований [3], большинство разработанных систем основаны только на распознавании человеческих эмоций, не принимая никаких решений. Следовательно, решение вышеуказанных проблем мы видим в разработке системы, которая автоматически принимает решения, отслеживая и управляя эмоциональным состоянием клиента в СОН.

Эмоциональная состояния человека

Эмоциональное состояние представляет собой понятие, объединяющее настроение, импульсы, внутренние ощущения, аффекты, желания и эмоции. Эмоциональные состояния могут длиться на протяжении нескольких секунд до нескольких часов и быть как более, так и менее интенсивными [4]. В крайних случаях интенсивное эмоциональное состояние может длиться дольше этого срока, но в таких случаях оно может свидетельствовать о психическом нарушении. Классификация эмоций включает в себя настроения, аффекты, чувства, стрессы и страсти. Они содержатся во всех психических процессах и состояниях человека. Основная функция эмоций у человека заключается в том, что они помогают нам лучше понимать друг друга, мы способны оценивать состояния друг друга без использования языка, а также способны и лучше настроены на сотрудничество и общение.

Эмоции представляют собой субъективные психологические состояния, отражающие в виде непосредственных переживаний, чувства удовольствия или неприятности, отношение человека к миру и окружающим людям, а также к процессу и результату его практической деятельности [5]. Большинство психических переживаний и процессов сопровождаются эмоциями, которые выражаются тем или иным образом. Основная роль эмоций состоит в установлении однозначной связи между объективной действительностью и оценочным поведением человека, то есть эмоции позволяют человеку оценивать все происходящее вокруг

и внутри него самого. Эмоции могут быть абсолютно разными. Эмоции делятся на положительные, нейтральные и отрицательные. К положительным эмоциям относятся: радость, эйфория, удовольствие, доверие, любовь, симпатия, блаженство, нежность. К отрицательным эмоциям относятся боль, тревога, тоска, отчаяние, страх, гнев. Нейтральные эмоции включают удивление, безразличие, любопытство.

Таблица 1

Характеристики и виды эмоций

Характеристика	Виды
Знак	Положительные, отрицательные, нейтральные
Модальность	Радость, страх, гнев и пр.
Влияние на поведение и деятельность	Стеничные (повышающие активность), астеничные (понижающие активность)
Степень осознанности	Осознаваемые, неосознаваемые
Предметность	Предметные, беспредметные
Степень произвольности	Произвольные, непроизвольные
Происхождение	Врожденные приобретенные первичные, вторичные
Уровень развития	Низшие, высшие
Длительность	Кратковременные, длительные
Интенсивность	Слабые, сильные

Модель управления эмоций

Особенность эмоций заключается в том, что их можно сознательно управлять. Благодаря этому они являются мощным средством для успешного достижения любой поставленной цели. На рисунке 1 представлена разработанная модель позволяющая отслеживать, контролировать и управлять эмоциональное состояние клиента с помощью визуального канала с целью предотвращения конфликтов в СОН (рис. 1).

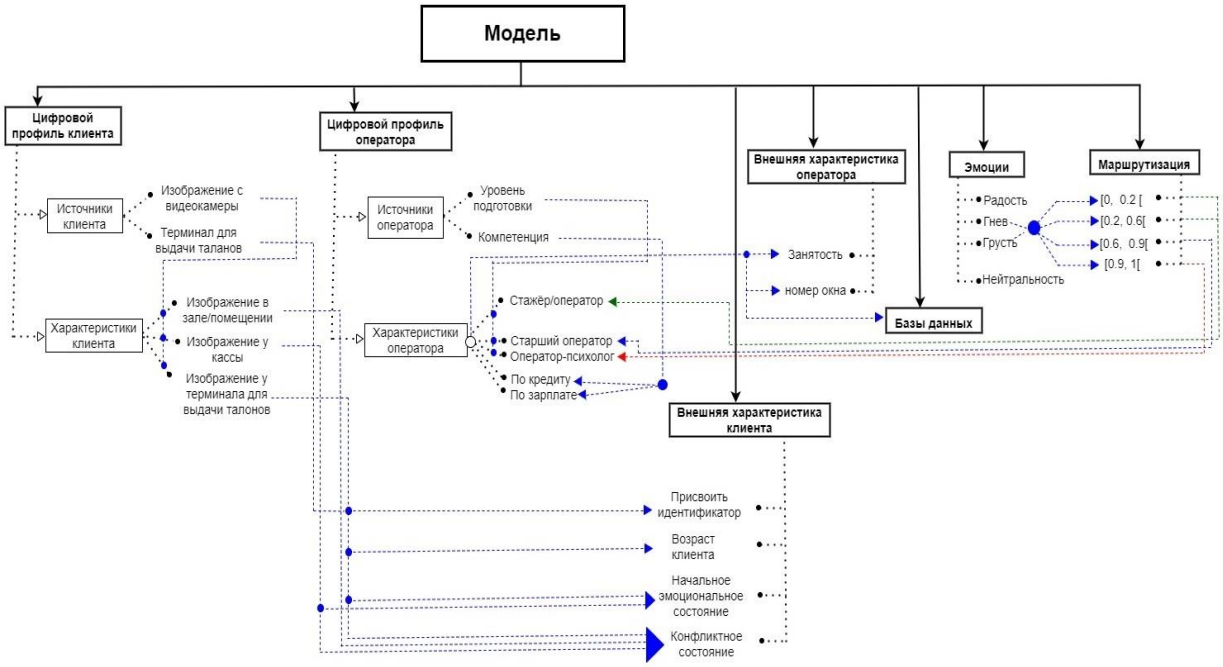


Рис. 1. Модель управления эмоциональным состоянием человека

Для того, чтобы отлеживать и контролировать клиента в СОН, система присваивает идентификатор (ID) клиенту при входе в СОН. Управление эмоциональным состоянием клиента осуществляется путем направления клиента к нужному оператору если эмоция (гнев) клиента выше 60%.

Результат эксперимента

На рисунке 2 показан снимок программной реализации для отслеживания, контроля и управления эмоциональной состояния клиентов в СОН. Для распознавания эмоций в основном автор использовал метод машинного обучения, CNN и язык программирования Python. В области глубокого обучения CNN — это класс искусственных нейронных сетей (ANN).

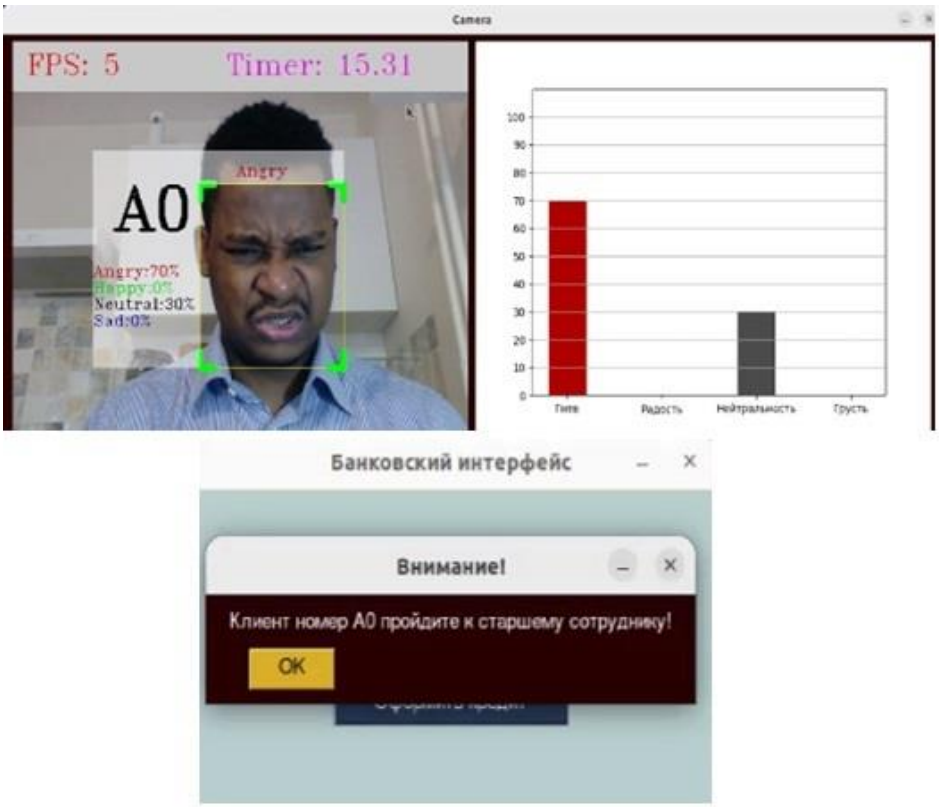


Рис. 2. Снимок системы управления эмоциональным состоянием клиента

В таблице 2, показан результат модели после обучения и тестирования на платформе kaggle с использованием язык программирования Python.

Таблица 2

Результаты оценки модели классификации

Модель	Размер модели (MB)	Время выполнения, s	Точности тренировки, %	Точность валидации, %
Разработанный модель	17,1	0,0001	79,53	70,35

По данным графиков, представленных на рисунке 3, заметен хороший результат, так как во время обучения разработанного классификатора эмоций на основе CNN значение функции потерь уменьшается на 0,5136, а точность валидации увеличивается до 79,53%.

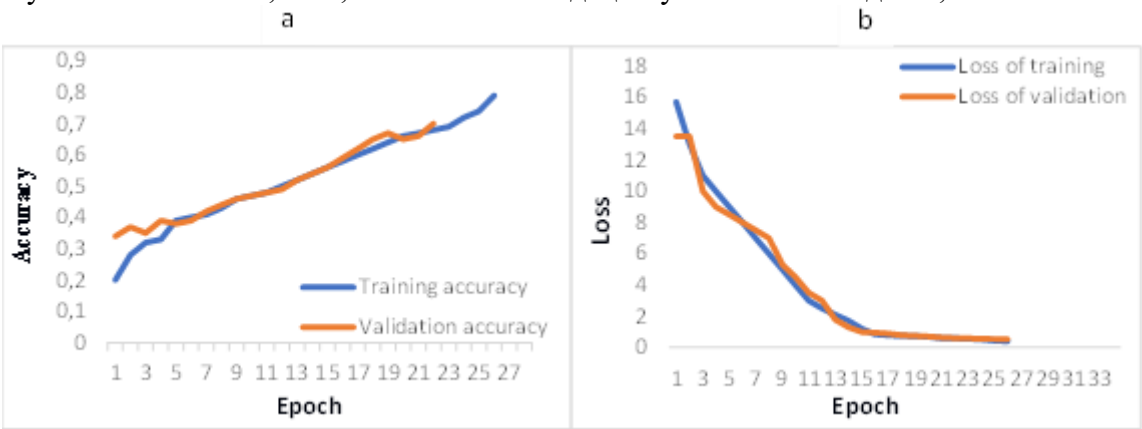


Рис. 3. Обучение и тестирование потерь и точности: разработанная модель (a, b)

В данной работе разработана модель управления эмоциональным состоянием клиента с использованием метода машинного обучения, набора данных FER2013 и высококачественного аппаратного обеспечения. Получен хороший результат модели с точностью валидации 70,35%, временем выполнения 0,0001секунды и не большим размером 17,1МБ. В дальнейшем планируется обучить нашу модель для достижения точности валидации выше 90%.

Список использованных источников

1. Stamos M.J. No Time to Rest // Diseases of the Colon & Rectum. 2015. №. 58(1). Pp. 6–9. DOI: 10.1097/DCR.0000000000000277.
2. Иванова Н.В., Ращикулина Е.Н. Особенности урегулирования конфликтов в учреждениях системы социальной защиты населения // Научно-образовательный журнал для студентов и преподавателей «StudNet». 2020. №. 7. С. 613–618.
3. Сома Г. Анализ существующих средств бимодального определения эмоций в ходе занятий в дистанционном формате // Альманах научных работ молодых ученых Университета ИТМО. 2021. Т. 3. С. 192–197.
4. Гордеева О.В. Исследования продолжительности эмоций в западной психологии: сколько «живет» радость? // Вестник Московского Университета. Серия 14. Психология. 2018. №. 4. С. 164–177.
5. Dzedzickis A., Artūras K., Vytautas B. Human Emotion Recognition: Review of Sensors and Methods // Sensors 20. 2020. №. 3. P. 592. https://doi.org/10.3390/s20030592.

УДК 004.089

ЦЕННОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К МАСТЕР-ПЛАНИРОВАНИЮ

Стариков В.А.[1] *(студент),* ***Чурякова Т.А.***[1] *(аспирант)*

Научный руководитель – кандидат технических наук Митягин С.А.[1]

[1]*Университет ИТМО*

e-mail: churyakovat@itmo.ru

Работа выполнена в рамках темы НИР №622280 «Библиотека алгоритмов машинного обучения для задач генерации ценностно ориентированных требований к мастер планированию урбанизированных территорий»

В работе рассматриваются ценностно ориентированные требования к мастер планированию урбанизированных территорий. Основное отличие от традиционного расчета в том, что помимо нормативных показателей, рассчитываются показатели качества окружающей среды и поведенческие характеристики жителей города, рассчитываемые через метрику обеспеченности сервисами.

Ключевые слова
Мастер планирование, требования городской среды, пространственные показатели, ценностно ориентированный подход, урбанизированные территории.

Существующие подходы к преобразованию городской среды зачастую подразумевают создание универсальных проектов для реализации в рамках ключевых государственных программ. Массовый подход к преобразованию городской среды в таких ключевых программах делает трудным реализацию индивидуальных проектов и не всегда приводит к хорошему результату. При этом возможно создание единичных индивидуальных проектов преобразования городской среды или планирования новых территорий. Такие проекты уже определены существующей городской средой и могут быть реализованы в конкретном контексте, но такая индивидуальная реализация требует большего количества времени и бюджета. Одним из примеров универсальной концепции является концепция среднеэтажной жилой среды «Концепция жилого квартала» студии Артемия Лебедева. Ключевыми особенностями проекта являются отказ от автомобилей внутри квартала, сочетание домов трех типов, а также ограничение высоты домов в 5–7 этажей, а также обеспеченность жителей необходимыми городскими сервисами. Универсальность концепции подразумевает возможность дополнения проекта с учетом особенностей городской среды и потребностей жителей. В качестве примера массового подхода к преобразованию городской среды можно выделить президентскую программу благоустройства дворов «Наш двор», реализуемую в Республике Татарстан с 2020 года. Для благоустройства в рамках программы было выбрано почти 7000 дворов, при этом за первый год программы было благоустроено порядка 1090 дворов, а за 2021 – еще 1070. Каждый проект благоустройства реализуется с учетом мнения горожан, а также по каждому такому проекту горожане могут дать обратную связь.

Таким образом, особенности существующих подходов к преобразованию городской среды предполагают наличие метода определения требований. Такой метод должен учитывать как нормативные требования, так и требования, обусловленные особенностями городской среды и ценностями населения.

Можно выделить следующие существующие методы формирования требований к преобразованию городской среды:

– нормативные требования: своды правил, нормативы градостроительного проектирования;

– инструменты формирования требований: генеральный план и мастер-план;
– методические рекомендации и стандарты: индекс качества городской среды, стандарт комплексного развития территории.

СП Градостроительство распространяется на проектирование новых и развитие существующих городских и сельских поселений, а также содержит основные требования к их планировке и застройке. СП направлен на обеспечение градостроительными средствами безопасности, комфортности и устойчивости развития муниципальных образований, охрану здоровья населения, рациональное использование природных ресурсов и охрану окружающей среды, сохранение памятников истории и культуры, защиту территорий поселений от неблагоприятных воздействий природного и техногенного характера, а также на создание условий для реализации определенных законодательством Российской Федерации социальных гарантий граждан, включая маломобильные группы населения, в части обеспечения объектами социального и культурно-бытового обслуживания, инженерной и транспортной инфраструктуры и благоустройства [1]. Также существуют нормативы и стандарты градостроительного проектирования, выражающиеся в ряде нормативных документов и определяющие требования к составу сервисов, обеспечивающих территорию жилой застройки, а также к самой застройке. Такие нормативы принимаются на местном уровне и направлены на обеспечение благоприятных условий жизни горожан. Они определяют минимальные расчетные показатели обеспечения жизнедеятельности горожан, например, детскими садами, школами, поликлиниками.

Территориальное планирование включает в себя разработку генеральных планов, подразумевающих как долгосрочный, так и среднесрочный прогноз развития. Генеральный план является основным проектным документом, использующимся для фиксации требований. Проектным документом градостроительного зонирования выступают правила землепользования и застройки (ПЗЗ), включающие в себя градостроительные регламенты. В настоящее время генеральные планы не отвечают современным вызовам и провоцируют нарушения в их разработке и применении. Мастер-планирование, в свою очередь, является гибким инструментом стратегического планирования развития территорий с выраженной градостроительной компонентой и направленностью на реализацию конкретных целей и задач. Комплексный характер мастер-планирования учитывает различные сферы жизни города, такие как социальная, экономическая, экологическая и другие [2]. Вариативность мастер-планирования дает возможность оценки потенциальных сценариев развития с помощью вычисления ключевых показателей эффективности. Таким образом, важной частью мастер-планирования является выделение и оценка такого рода показателей, а мастер-план выступает как система формирования требований.

Стандарт комплексного развития территории, разработанный Минстроем России и ДОМ.РФ совместно с КБ Стрелка, представляет собой методическое руководство по развитию застроенных территорий и освоению новых. Целью документа является разработка и внедрение новых подходов к созданию городской среды, отвечающей современным вызовам и требованиям с учетом интересов всех городских стейкхолдеров: бизнеса, жителей и местных властей. Стандарт определяет три целевые модели городской среды и ключевые показатели для них [3]. Согласно методике формирования индекса качества городской среды, города могут быть отнесены либо к городу с благоприятной, либо к городу с неблагоприятной средой. Данная оценка должна позволять сравнивать динамику развития города, поэтому по каждому из городов, для которых проводится расчет, можно произвести оценку динамики качества жизни в городе [4].

Большое количество требований вызывает необходимость в их структуризации. Существующие требования не учитывают индивидуальных потребностей отдельных социальных групп в контексте обеспечения сервисами. Помимо этого преобразования городской среды обычно фокусируются на конкретной территории и не оценивают, как эти изменения скажутся на городе в целом.

В рамках данной работы была сформирована следующая иерархия требований:

- требования окружающей среды: климат, природное окружение, температурный режим;
- нормативные требования: федеральное, региональное и местное законодательство, нормативы и стандарты;
- требования городской среды: история, архитектурное окружение и особенности застройки;
- пространственные требования: наличие городских объектов поблизости, оказывающих влияние на качество жизни;
- требования заинтересованных сторон: населения, органов власти и бизнеса.

Общая схема предлагаемого метода генерации требований к мастер-планированию преобразования городской среды представлена на рисунке.

Рисунок. Метод генерации требований

Предложенный метод генерации требований предлагает иерархическую структуру требований: таким образом, требования, стоящие ниже, не могут противоречить требованиям, стоящим выше:

- требования окружающей среды;
- нормативные требования;
- требования ограничений контекста;
- поведенческие требования населения.

Важной составляющей частью метода является Ценностный стандарт, представляющий собой концепцию, разработанную Лабораторией аналитики городских данных Университета ИТМО. Данная концепция учитывает ценности людей в контексте требований к составу сервисов в транспортной или пешеходной доступности от территории. Ценностный стандарт основан на жизненных ситуациях и предполагает принципиальную возможность выделения типичного перечня жизненных ситуаций, которые должны быть поддержаны городом в любом случае, так как они составляют минимальный необходимый уровень жизни. Определение поведенческих требований населения подразумевает оценку обеспеченности горожан городскими сервисами в типичных жизненных ситуациях. Таким образом, формируется перечень недостающих сервисов на данной территории. Вычисление показателей ценности окружающей среды Ценностного стандарта формируют требования окружающей среды. Оценка ситуации в области поддержки территорией и городом данных ценностей производится на основе системы пространственных индикаторов, например, количество видов растений в зоне экологического и антропогенного воздействия (ЭАВ), доля загрязненных водных объектов в зоне ЭАВ, количестве свалок.

Мастер-план должен уметь находить оптимальный баланс между всеми заинтересованными сторонами. На сегодняшний момент возможно оценить эффекты значимые для бизнеса или города, особенно если их можно выразить в денежном эквиваленте. Однако с учетом ценностных показателей, таких как состояние окружающей среды и поведение людей, значимость состояния города для его жителей сможет оказывать большее влияние и быть аргументом при поисках компромиссов.

Список использованных источников

1. СП 42.13330.2016. Градостроительство. Планировка и застройка городов и сельских поселений. Актуализированная редакция. М.: 2016. 94 с.
2. Стратегический мастер-план: инструмент управления будущим. М.: Strelka Press. 2014. 520 с.
3. Стандарт комплексного развития территорий. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://xn--d1aqf.xn--p1ai/urban/standards/printsipy-kompleksnogo-razvitiya-territoriy/ (дата обращения: 09.03.2023).
4. Руководство по определению первоочередных направлений развития городской среды с помощью индекса качества городской среды. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://minstroyrf.gov.ru/upload/iblock/133/rukovodstvo_index_compressed.pdf (дата обращения: 09.03.2023).

УДК 004.852

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕЖСЛОЙНЫХ ТРАНСФОРМАЦИЙ ПРИЗНАКОВОГО ПРОСТРАНСТВА НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Сукачев П.П.[1] *(аспирант),* ***Хлестунова С.Н.***[1]*(судент)*

Научный руководитель – доцент, кандидат технических наук Гусарова Н.Ф.[1]

[1]*Университет ИТМО*

e-mail: paha63rus@gmail.com

В настоящее время задача визуализации моделей машинного обучения и нейронных сетей в частности является одной из ключевых в контексте интерпретации этих моделей и исследования непосредственно процесса их обучения. Для разработки качественной модели, устойчивой к шумам, можно работать не только с входными и выходными данными, но и промежуточными состояниями признакового пространства датасета. С помощью топологического подхода можно рассмотреть признаковое пространство и его эволюцию в процессе обучения.
В работе представлены результаты топологических преобразований признакового пространства на нескольких моделях.

Ключевые слова
Нейронные сети, топологический анализ данных, признаковое пространство, функции активации.

Искусственная нейронная сеть (ИНС) – метод аппроксимации данных, представляющий собой систему из искусственных настраиваемых нейронов. Нейроны представляют собой вычислительные элементы, принимающие на входе некоторый набор данных и по итогу обработки выдающие результат. Для решения задач с помощью нейронной сети её необходимо обучить. Для этого используется тренировочная выборка, состоящая из данных, которые сеть должна будет обрабатывать. Для них также должны быть известны выходные значения – то есть то, что ожидается от сети на выходе. В процессе обучения фильтры нейронной сети корректируют весовые коэффициенты так, чтобы приблизиться к ожидаемому результату.

На протяжении многих лет глубокие нейронные сети (ГНС) показывали успешные результаты в приложениях во многих областях: естествознании и социальных науках, компьютерном зрении, обработке и генерации текста, аудио и многом другом. Несмотря на очевидный эмпирический прогресс, некоторые вопросы глубокого обучения все еще плохо изучены теоретически. Остается открытым вопрос, почему они так хорошо аппроксимируют сложные зависимости данных. Одной из основных проблем моделей глубокого обучения (ГО) является интерпретируемость, и поиск решений этой проблемы обеспечит принципиальный подход к проектированию и разработке новых архитектур. В связи с этим одной из актуальных и наиболее перспективных тем в области ГО является изучение самих моделей, особенностей их внутренней структуры, поведения на различных наборах реальных данных. Во многих задачах компьютерного зрения нейронные сети дают лучшие результаты, чем люди. Существует гипотеза, согласно которой задача классификации и категоризации сводится к распутыванию линейно неразделимых объектных многообразий на сжатые, компактные представления, которые можно разделить линейной гиперплоскостью. Это предположение применимо как к нейронным сетям, так и к моделям мозга, а также согласуется с выводами нейробиологии. Отсюда вытекает представление пространства признаков данных, как N-мерного пространства, в ходе обучения претерпевающего определенные трансформации.

Формулировка топологической и геометрической теоретической основы для глубокого обучения может значительно улучшить теоретическое понимание многих явлений в этой области и стать важным шагом для создания объяснимого ИИ. В этой работе рассматривается основанная на геометрии и топологическом анализе данных интерпретация процесса обучения

нейронных сетей, их способности к обобщению и производительности в задачах классификации.

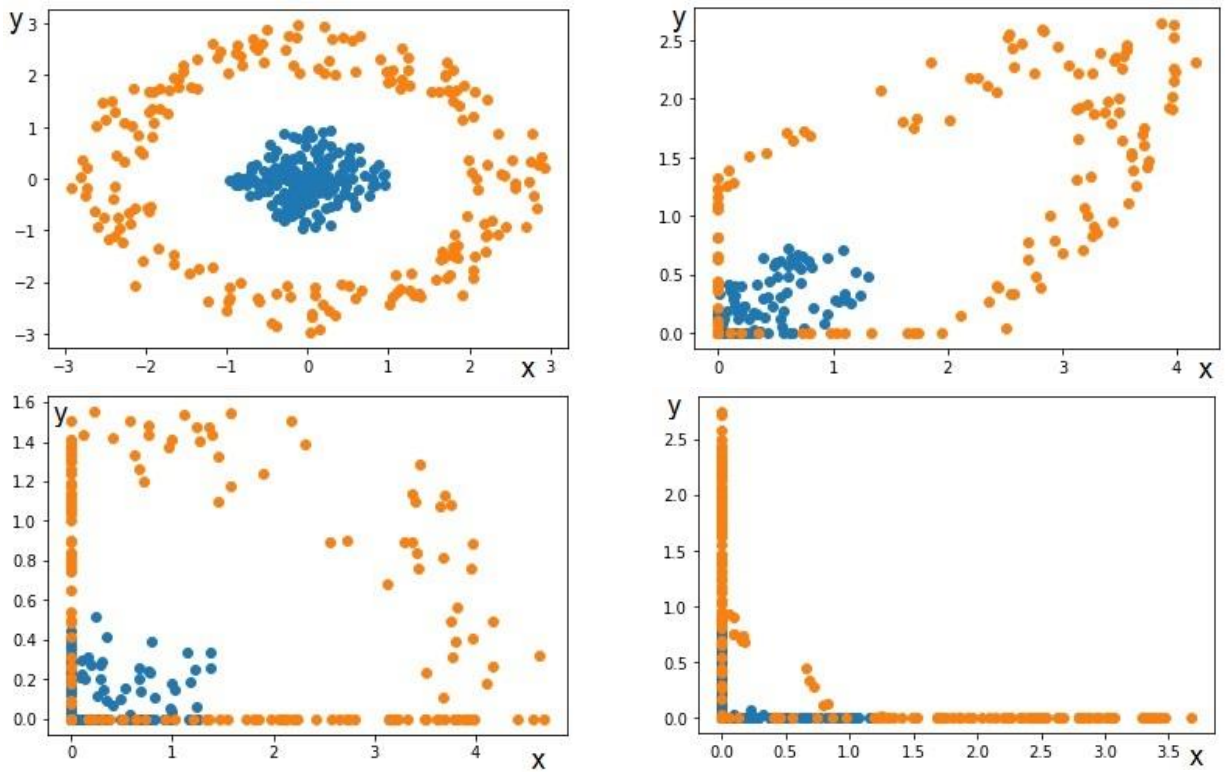


Рис. 1. Трансформации признакового пространства с помощью однослойной сети-классификатора с функцией ReLU: 1 –нулевая эпоха, 2 – десятая эпоха, 3 – пятидесятая эпоха, 4 – сотая эпоха

Наблюдать применимость топологического подхода можно, не прибегая к сложным глубоким архитектурам и данным высокой размерности (например, картинкам). Для этой задачи достаточно использовать простые данные и низкоразмерную нейронную сеть с небольшим количеством нейронов на каждом слое [1, 2].

Возьмем более простую модель, представляющую собой два набора точек, распределенный определенным образом на двумерной плоскости. Эти данные не могут быть линейно резделены на двумерной плоскости, что принципиально: работу нейронной сети можно представить, как процесс искривления признакового пространства таким образом, чтобы линейное его разделение (в случае классификации) производилось с большей точностью, чем на предыдущей итерации.

На рисунке 1 изображено признаковое пространство. Т.к. модель состоит из точек с двумя координатами – это пространство представляет собой двумерную плоскость. На первой картинке непосредственно датасет – два набора точек, один находится внутри другого. Далее – демонстрация работы функции ReLU. Эта функция дает на выходе 0 или 1, поэтому на последующих изображениях признаковое пространство будто обрезается, при этом оказавшиеся в "нулевой области" точки группируются на краях. В этом случае синие точки сильно перемешиваются с оранжевыми в центре.

Также, рассматривая признаковое пространство с топологической точки зрения, можно прийти к выводу, что лежащие в одной плоскости объекты легко разделимы в трехмерном пространстве (т.е. в пространстве, на одно измерение большем, чем исходное). Это заключение проиллюстрировано на рисунке 2.

Топологический анализ данных также позволяет пронаблюдать работу нейронной сети в процессе обучения и сравнить разные модели или данные.

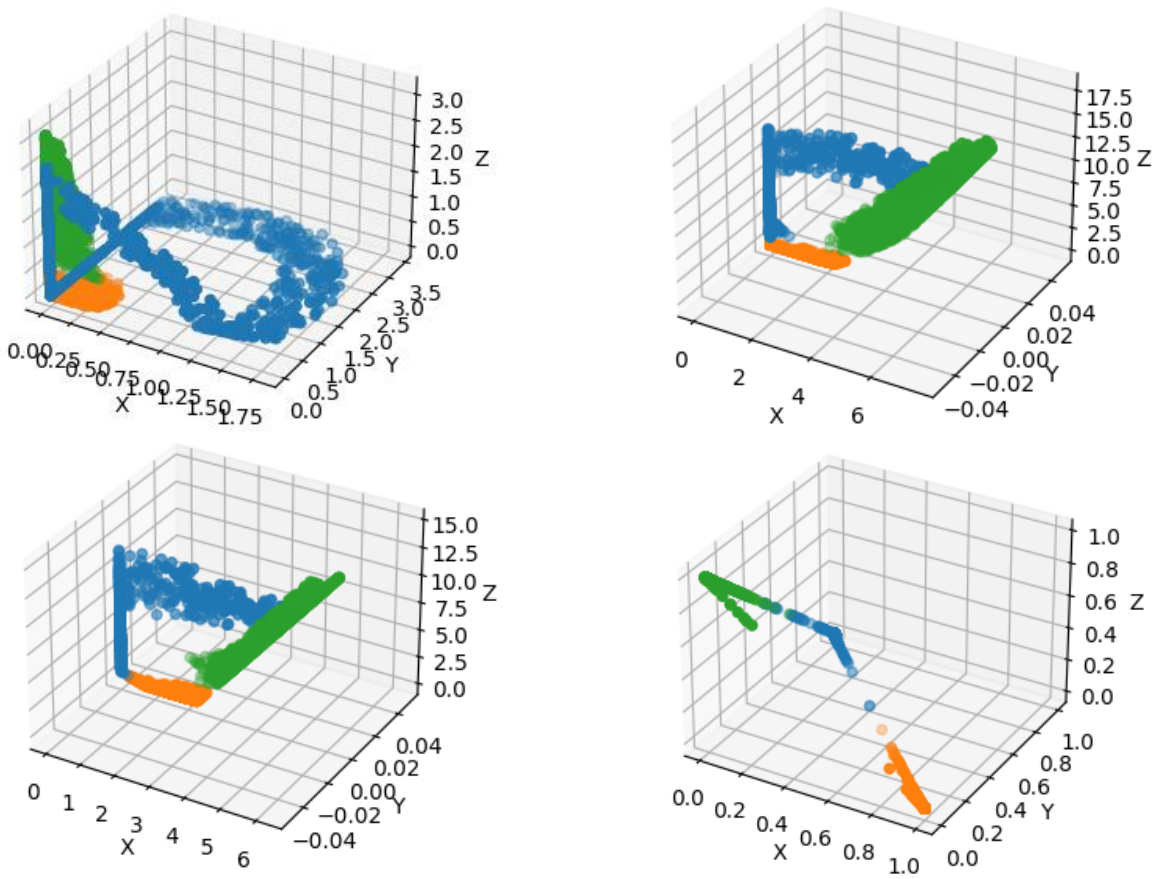


Рис. 2. Трехмерная иллюстрация межслойных трансформаций нейронной сети с функцией ReLU

На рисунках 3 и 4 представлены иллюстрации признакового пространства датасета MNIST на двумерной плоскости в ходе обучения классификационной модели. Здесь можно видеть, как данные в процессе обучения группируются по классам, а также как плохо обученная и неспособная классифицировать модель трансформирует признаковое пространство. Отсюда можно увидеть, какие классы чаще всего смешиваются с другими и в принципе получить дополнительный критерий оценки эффективности нейронной сети в дополнение к используемым метрикам.

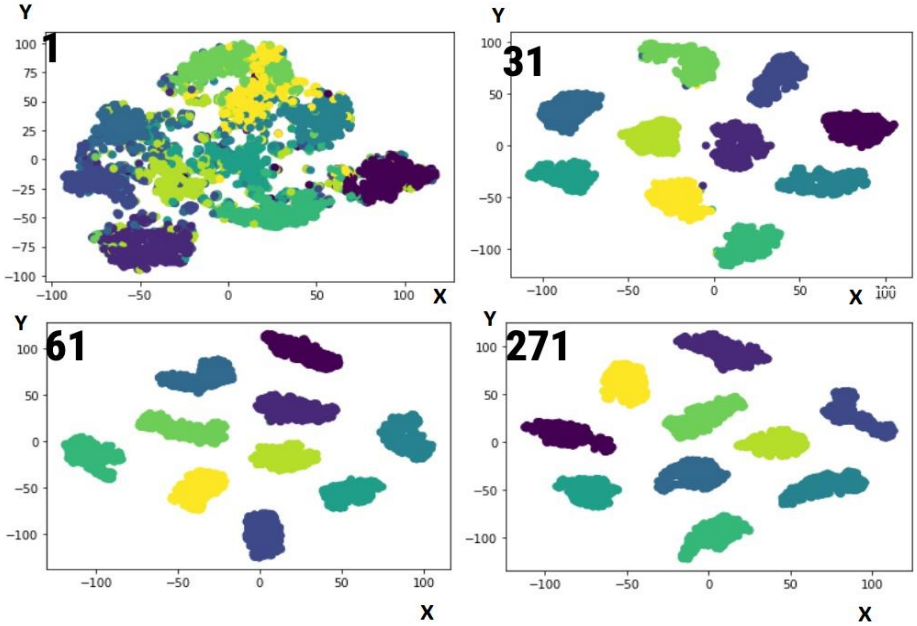


Рис. 3. Визуализация эволюции признакового пространства датасета MNIST в процессе обучения двух разных моделей, соответствующая хорошей архитектуре

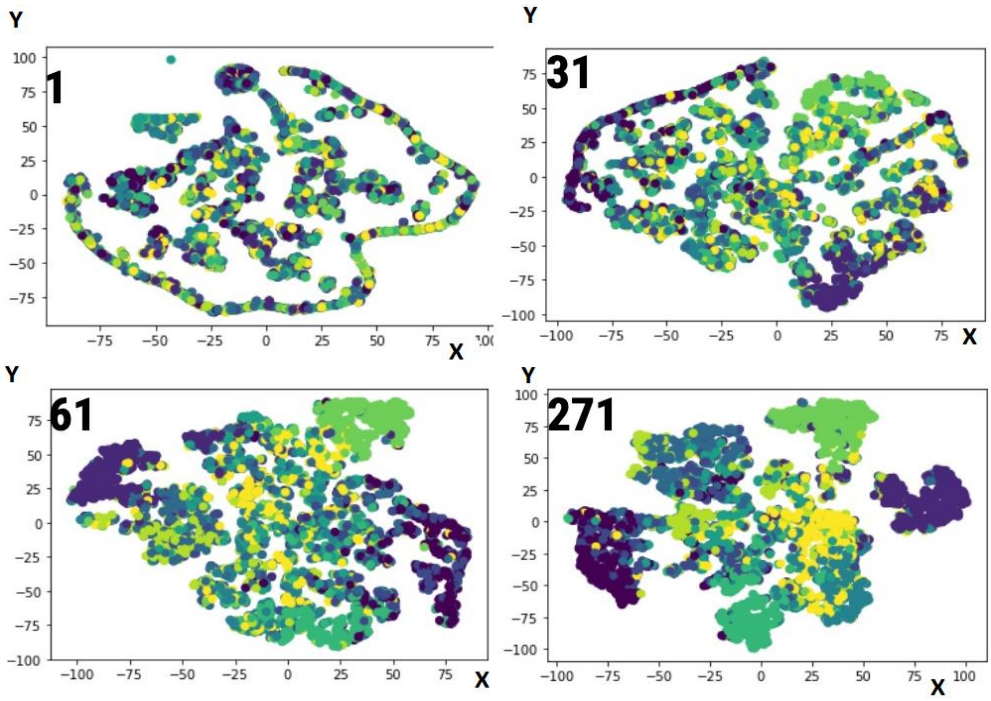


Рис. 4. Визуализация эволюции признакового пространства датасета MNIST в процессе обучения двух разных моделей, соответствующая намеренно ухудшенной модели

В ходе работы рассмотрен метод топологического анализа в контексте изучения нейронных сетей. Результаты позволяют говорить о возможности разработки метода повышения эффективности анализа данных нейронными сетями с применением топологического подхода.

Список использованных источников

1. Magai G., Ayzenberg A. Topology and geometry of data manifold in deep learning // arXiv.org. 2022. Дата обновления: 19.02.2022. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://arxiv.org/abs/2204.08624 (дата обращения: 22.11.2022).
2. Hajij M., Istvan K. A Topological Framework for Deep Learning // arXiv.org. 2020. Дата обновления: 21.06.2021. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://arxiv.org/abs/2008.13697 (дата обращения: 24.11.2022).

УДК 004.085

ПОСТРОЕНИЕ И АНАЛИЗ БАЙЕСОВСКИХ СЕТЕЙ В PYTHON ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ОБЛАСТИ ФИНАНСОВ

Теплов П.А.[1] *(студент)*

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент Осипов Н.А.[1]

[1]*Университет ИТМО*

e-mail: pashateplov74@yandex.ru

В работе рассмотрена возможность использования байесовских сетей доверия с различными типами оценки для использования модели в поддержке принятия решения для оценки риска выдачи кредита потенциальным клиентам банка. Работа подразумевает построение байесовских сетей при использовании различных гиперпараметров и подходов в построение графов, а также анализ полученных результатов модели для диагностирования влияния и связи признаков и целевой переменной.

Ключевые слова

Байесовская сеть доверия, поддержка принятия решения, классификация, условно-независимые переменные, граф, прямой и обратный вывод.

На сегодняшний день термины машинное обучение и нейронные сети охватывает все больше информационное пространство, однако многие методы остаются на заднем плане и не получают должного внимания. Как раз таким методом является байесовские сети или байесовские сети доверия, которые являются методом классификации и могут быть использованы для вероятностного программирования. Данные модели, в отличие от нейронных сетей и других методов классификации, являются более информативными, так как можно увидеть влияние каждого элемента модели на всю систему, а также байесовские сети способны быстро предсказывать новых данных [1].

Учитывая тот фактор, что в финансовом секторе, особенно в государственных и небольших банках, присутствует большое множество функций и задач, которые могут быть автоматизированы, байесовские сети доверия выглядят как один из способов решения, в частности они могут быть использованы в системах поддержки принятия решения, так как обладают хорошей интерпретацией модели [2].

Исходя из имеющихся задач, цель работы состоит в построении байесовских сетей и их анализа, реализации и обоснования построенной модели применимой в системе поддержки принятия решения в области финансов.

Для построения байесовских сетей необходимо определиться со следующими критериями: обучающими параметрами, которые представлены в виде таблицы условной вероятности и структурой обучения, в каком виде будет построен граф и каким способом. Существует несколько способов построения графа: первый и самый примитивный – это использование знаний из прикладной области для составления зависимостей узлов графа, второй – использование методов оптимизации, например “hill climbing ”, метод нахождения глобального оптимума, и третий вариант – смешанный подход, когда применяется методы оптимизации и знания из предметной области [3].

В данной работе для реализации байесовских сетей были использованы две библиотеки “Py-bbn” и “Bnlearn”. Для создания и получения таблицы вероятности были использован набор данных “Credit Risk Dataset”, взятый на открытой платформе “Kaggle”. Набор данных представляет из себя зависимость данных клиента и получения или неполучения кредита в банке. В наборе имеются 12 колонок, где 11 колонок — это параметры клиента банка и одна

колонка – целевая переменная, был одобрен кредит или нет. Всего в наборе представлена 32581 строка данных.

Изначально была рассмотрена библиотека “Py-bbn”. Данная библиотека позволяет вручную построить граф, что достаточно удобно, при наличии небольшого количества признаков. Для этого была выбрана структура на основе знаний и опыта в предметной области и построен граф на основе имеющихся данных (рис. 1).

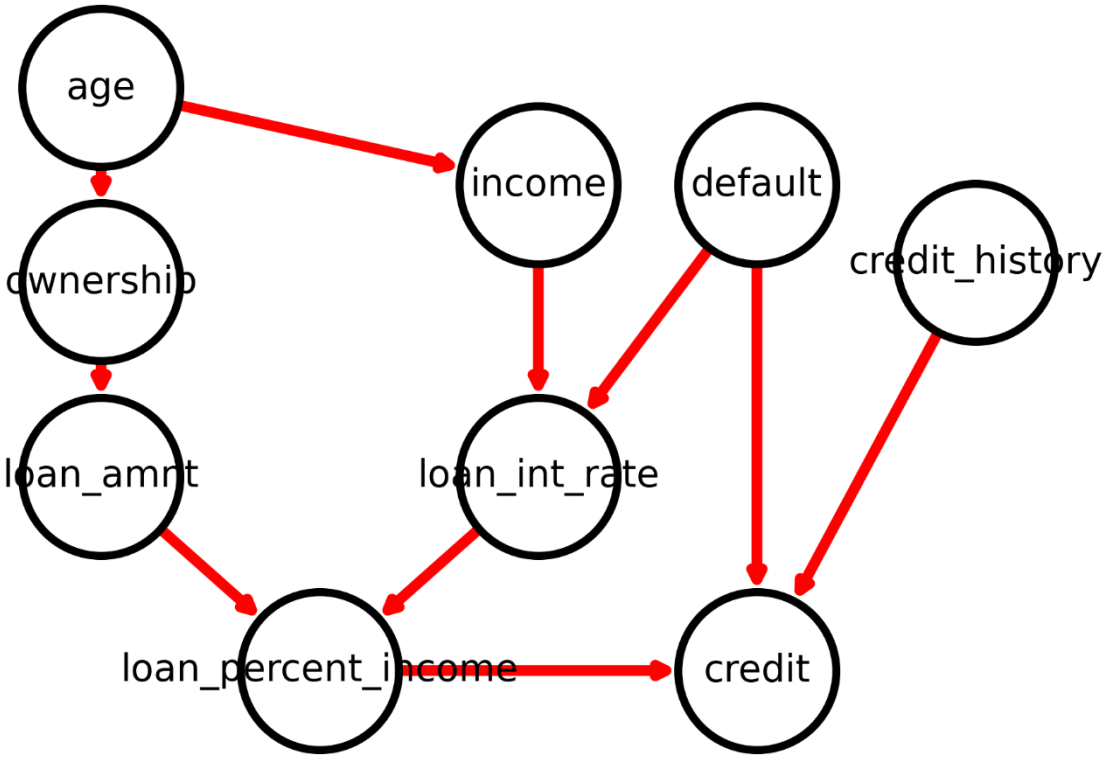


Рис. 1. Граф байесовской сети

Затем были созданы новые категориальные признаки для получения вероятностных значений и написана функция для расчета этих вероятностей. Новые категориальные признаки были получены путем разделения некатегориальных признаков на интервалы, так, например, изначальный признак “Age” имел значения из диапазона от 18 до 81, но после преобразования данного признака получились 3 группы значений: возрос меньше 30, возраст от 30 до 50 и возраст больше 50. После проделанной подготовки данных, были использованы функции и методы библиотеки для создания байесовской сети, а именно создание самих узлов сети, создание сетевой структуры, где указываются связи узлов, преобразование байесовской модели в граф. В результате был построен граф, аналогичный созданному ранее (рис. 1). После того как создан граф, сеть готова выдавать результаты как для изначального распределения, после обучения, так и для новых данных [4].

Байесовскую сеть можно использовать как для прямого вывода, так и для обратного. Так как сеть разрабатывалась для СППР, будет полезно использовать оба вида выводов.

Пример прямого вывода. При подаче всех признаков клиента можно получить вероятность получения кредита. Так, при данных, представленных в (табл. 1) получается вероятность одобрения кредита 0,89%.

Таблица 1

Пример входных параметров

Узел	node1	node2	node3	node4	node5	node6	node7	node8
Значение	30-50	50ths–100ths	“OWN”	5ths–10ths	10–15	0,2–0,4	“N”	quantity <=5

Или при подаче части признаков, можно получить не только вероятность целевой переменной, но и вероятность неизвестных признаков, что в дальнейшем может быть использовано, например, для разделения клиентов на группы.

Пример обратного вывода. Обратный вывод может быть использован, когда известны целевая переменная и некоторые другие данные. Например, для анализа поведения клиентов или создания групп клиентов, которые будут использоваться в целях отправки рекламных предложения, которые с большей вероятностью их примут [2].

Например, при знании значения целевой переменной, можно получить следующие вероятности остальных признаков. Так, в таблице показаны изменения в таких узлах как ‘Сумма кредита’, ‘Процентная ставка по кредиту’,’ Доход банка по кредиту’ и ‘Наличие исторического дефолта’. Хоть изменение вероятности незначительные, около 1–7 процентов, данные изменения показывают связи между условно независимыми признаками, а также повышают точность (табл. 2).

А при введении дополнительного признака к целевой переменной, получаем уже другие вероятности и знание о влиянии условно независимых переменных на друг друга (табл. 2). Где меняется на 3–6 процентов “ Процентная ставка по кредиту”, хотя переменные, как показано на Рисунок 4, не связаны.

Также при вводе только одного признака ’Возраст’, получаем новое распределение вероятностей, при чем меняются не только зависимые узлы, но и условно независимые и независимые, что дает пользователю новые знания о данных (табл. 1).

Таблица 2

Сравнение вероятностей при различных входных параметрах

Имя узла	**Вероятност-ные значения**	**Изначальное рапределе-ние**	**Введение значения узла целевой переменной**	**Введение значения узла целевой переменной и доп. признака**	**Введение только одного признака**
Возраст	Age<=30|	0,23	0,23	0,23	1
	30-50	0,76	0,76	0,76	0
	Age>50	0,01	0,01	0,01	0
Доход клиента	income<= 10ths	0,13	0,13	0,13	0,17
	10ths-50ths	0,42	0,42	0,42	0,39
	50ths-100ths	0,43	0,43	0,43	0,43
	100ths-300ths	0,01	0,01	0,01	0
	income>300ths	0,01	0,01	0,01	0,1
Владение недвижи-мостью	Rent	0,41	0,41	0,41	0,43
	Mort	0,08	0,08	0,08	0,08
	Own	0,51	0,51	0,51	0,49
Сумма кредита	amount<=5ths	0,27	0,25	0,25	0,28
	5ths-10ths	0,39	0,38	0,38	0,37
	10ths-20ths	0,29	0,32	0,32	0,29
	amount>20ths	0,07	0,05	0,05	0,07
Процентная ставка по кредиту	per<=10	0,54	0,53	0,50	0,54
	10-15	0,36	0,38	0,44	0,36
	per>15	0,10	0,09	0,06	0,10
Доход банка по кредиту	income<=0.2	0,27	0,22	0,22	0,27
	0.2-0.4	0,69	0,77	0,77	0,69
	income>0.4	0,04	0,01	0,01	0,04

Продолжение таблицы 2

Имя узла	Вероятностные значения	Изначальное распределение	Введение значения узла целевой переменной	Введение значения узла целевой переменной и доп. признака	Введение только одного признака
Наличие исторического дефолта	Y	0,82	0,86	1	0,83
	N	0,18	0,14	0	0,17
Кредитная история клиента	quantity<=5	0,07	0,07	0,07	0,07
	5-10	0,29	0,29	0,29	0,29
	10-15	0,61	0,61	0,61	0,6
	quantity>15	0,03	0,03	0,03	0,04
Одобренеие кредита	Y	0,78	1	1	0,78
	N	0,22	0	0	0,22

Также стоит отметить, что данная библиотека не обладает функцией предсказания для тестовых данных, только для конкретных случаев, поэтому оценка качества данной модели не была оценена в данной работе.

Библиотека “Bnlearn” позволяет создавать графы с помощью методов оптимизации, используя различные параметры и метрики. Для построения модели был использован метод “high climbing”, который использует жадный локальный поиск, а также метрики оценки “bic”, “K2” и “bdeu”, где “bic” это байесовский информационный критерий, а “K2” и “bdeu” – байесовская оценка Дирихле [5].

В результате получаем три графа, в которых присутствует 8 или 9 признаков (рис. 2, 3, 4).

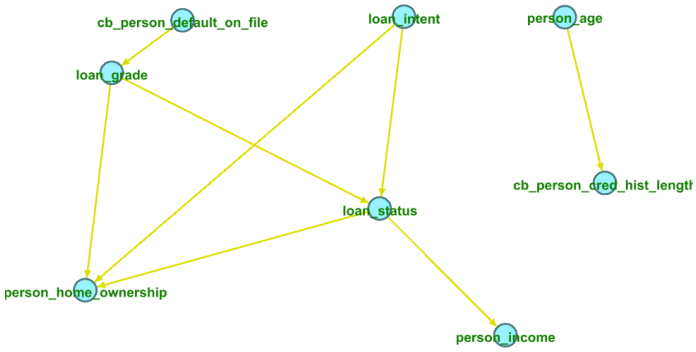


Рис. 2. Граф модели с параметром “bic”

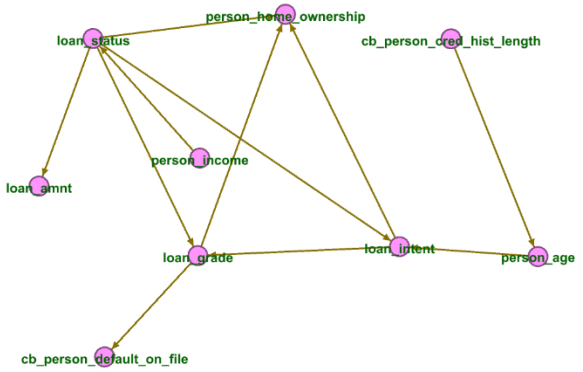


Рис. 3. Граф модели с параметром “K2”

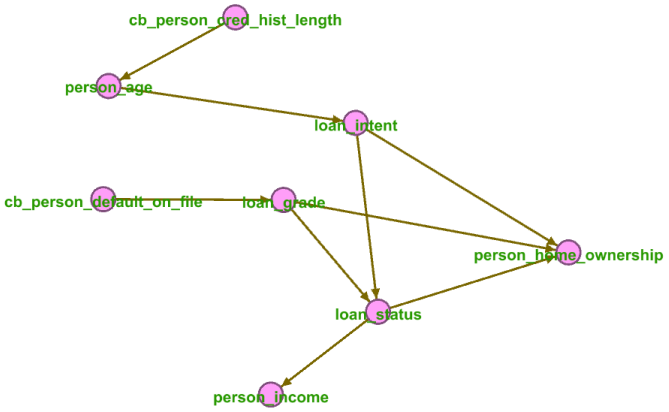


Рис. 4. Граф модели с параметром “bdeu”

После построения графа используем функция для оценки моделей. Где в результате получаем следующие оценки качества (табл. 3).

Таблица 3

Сравнение метрик для разных графовых моделей

Переменная	Метрики переменных	bic	K2	bdue
Одобрение кредита	Accuracy	0,82	0,72	0,83
	Recall	0,86	0,72	0,86
	F1-score	0,64	0,28	0,63

Как можно увидеть, все три модели показывают слабые результаты. Хотя данные были обработаны и были использованы методы для улучшения качества, например ‘pruning’, метрики не удалось улучшить. Плохие показатели, с большей вероятностью, связаны с изначально некачественными данными. Также, использование подобных метрик для оценки качества модели, не совсем правильно. Так как модель выдает вероятностное значение, методу приходится переводить вероятность в число, причем и 0,6 и 0,96 превратиться 1. Поэтому корректность полученных оценок нельзя воспринимать со 100% достоверностью.

В ходе исследования была исследована байесовская сеть, обученная на наборе данных "Credit Risk Dataset". Для построения байесовской сети было использовано два метода: построение графа на основе знаний и опыта в предметной области, а также использование алгоритма "high climbing". После построения моделей был проведен анализ влияния признаков модели на целевую переменную и на всю сеть в целом. Было показано, что условно независимые и независимые переменные влияют друг на друга, что подтверждает применимость байесовских сетей для систем СППР.

При структурном обучении графа и последующей оценке качества моделей лучшими оказались модели, использующие оценки "bic" и "bdeu". Модель, основанная на оценке "K2", показала наихудшие результаты, отстающие на 10 процентов по метрикам "Recall" и "Accuracy" по сравнению с двумя другими моделями.

Кроме того, при выборе между двумя библиотеками, библиотека “bnlearn” оказалась более полезной и удобной. Во-первых, она предоставляет возможность построения графа с использованием различных алгоритмов. Во-вторых, в этой библиотеке присутствует функция предсказания, что значительно упрощает использование модели в будущем.

Список использованных источников

1. Scutari M. Who learns better Bayesian network structures: accuracy and speed of structure learning algorithms // International Journal of Approximate Reasoning. 2019. №. 115. С. 235-253.
2. Что такое система поддержки принятия решений: виды, методы, возможности. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://fisgroup.ru/blog/fis_dss_opisanye_systemy/ (дата обращения: 14.10.2022).
3. BBN: Bayesian belief networks — How to build them effectively in Python. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://towardsdatascience.com/bbn-bayesian-belief-networks-how-to-build-them-effectively-in-python-6b7f93435bba (дата обращения: 20.09.2022).
4. py-bbn. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://py-bbn.readthedocs.io/ (дата обращения: 05.10.2022).
5. bnlearn. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://pypi.org/project/bnlearn/ (дата обращения: 16.11.2022).

УДК 608.2

РЕИНЖИНИРИНГ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ВО ВРАЧЕБНОЙ ПРАКТИКЕ ВРАЧА СТАЦИОНАРА

Фокина С.Г.[1] *(студент)*

Научный руководитель – кандидат физико–математических наук, доцент Орлов Г.М.[1]

[1]*Университет ИТМО*

e-mail: sun–vetochka@yandex.ru

В работе рассмотрен один из наиболее значимых инструментов, участвующих в развитии цифрового здравоохранения – информационные процессы во врачебной практике врача стационара. Произведена оценка соответствия текущего состояния процессов законодательным требованиям как на региональном, так и на федеральном уровнях. На основании полученных результатов выявлена потребность в изменении существующих процессов, также разработаны предложения по реинжинирингу объекта исследования, позволяющие привести процессы в соответствие с текущими требованиями законодательства.

Ключевые слова
Электронная история болезни, медицинская информационная система, цифровая медицина, качество данных, полнота данных, информационные процессы.

На сегодняшний день врач стационара является активным участником информационного взаимодействия между медицинской организацией (МО) и пациентом. Цифровая медицина открывает такие возможности как проведение консультаций с применением телемедицинских технологий, диагностирование заболеваний, с использованием искусственного интеллекта, позволяющие отвечать вызовам современного общества, таким как: обеспечение доступности и повышение качества оказания медицинских услуг. Ведение электронной истории болезни (ЭМК), когда данные, формируемые врачом в медицинской информационной системе (МИС), становятся доступными для просмотра пациенту на портале «Мое здоровье» через единый портал государственных услуг (ЕПГУ), а также в личном кабинете на портале «Здоровье Петербуржца» практически в режиме онлайн, обеспечивает преемственность и прозрачность медицинской помощи. Применение цифровых технологий в существующих врачебных процессах требует пересмотра нормативно–правовой базы и внесения изменений не только в порядок оказания услуг и ведения медицинской документации, но и в алгоритм работы врача в МИС. Отсутствие пояснений в части касающейся настройки медицинских информационных систем, обеспечивающей соблюдение требований по ведению медицинской документации в части учетных форм [1] и передаче данных [2], требований по взаимодействию МО со страховыми компаниями и правоохранительными органами, вызывает в МО ряд как технических, так и организационных трудностей. Исследование информационных процессов врача стационара в МИС в медицинской организации г. Санкт–Петербурга (Организации) с целью выявления инструментов, способных обеспечить полноту и качество передаваемых из МИС во внешние системы, механизмов, способных снизить нагрузку на врача при ведении медицинской документации, легло в основу данной работы.

Описание объекта исследования (рис. 1) позволило определить его зависимость от внешних факторов, таких как изменение законодательства; систем на региональном и федеральном уровнях, так и внутренних факторов, таких как МИС и персонал учреждения. С другой стороны, информационные процессы врача оказывают влияние на внешние системы, работу врача и функциональные возможности системы. В связи с выявленными зависимостями, вносимые в объект исследования изменения должны быть согласованы со всеми участниками – заинтересованными сторонами.

Рис. 1. Описание процесса с использованием методологии IDEF0

Изучение требований заинтересованных сторон, позволило определить ключевые требования к объекту исследования, такие как:

- обеспечение полноты и качества передаваемой из МИС во внешние системы информации, соответствующей требованиям стандартов оказания медицинской помощи, клиническим рекомендациям. Данное требование является ключевым для контролирующих организаций таких как: министерство по здравоохранению (МЗ), комитет по здравоохранению (КЗ), медицинский информационно–аналитический центр (МИАЦ), территориальный фонд обязательного медицинского страхования (ТФОМС), руководство Организации;
- снижение временных затрат врача на ведение медицинской документации. Это требование затрагивает интересы врача, как оператора по вводу данных, так и пациента, заинтересованного в том, чтобы врач большую часть приема уделял общению путем сокращения времени на ведение медицинской документации.

В качестве источников исходных данных были взяты следующие инструменты:

- информационно–аналитический модуль (ИАМ) региональной подсистемы г. Санкт–Петербурга (РЕГИЗ), используемый КЗ и МИАЦ;
- тарифное соглашение, определяющее правила оплаты оказанной медицинской помощи, используемое ТФОМС;
- медицинская информационная система Организации (МИС «Ариадна»), используемая врачами, руководством Организации.

Анализ интерактивных аналитических графиков в ИАМ показал, что индикаторы полноты и качества передаваемой Организацией в октябре 2022 года информации (рис. 2, 3), учитывающие как количество переданных случаев медицинского обслуживания (СМО), так и наличие корректно оформленной медицинской документации, не достигают 100% (индикатор полноты – 82, 7%, индикатор качества – 78,8%).

Полученный результат указывает на наличие проблемы информационного взаимодействия между МИС и РЕГИЗ.

Анализ выгрузки данных из МИС «Ариадна» в РЕГИЗ, с использованием отчета, формируемого в МИС, показал, что более 90 процентов стационарных случаев медицинского обслуживания (СМО) за выбранный период (октябрь 2022 года) прошло успешную проверку. Анализ характера ошибок (10% от всего объема передачи СМО) выявил наличие проблемы, связанной с несоответствием данных, внесенных врачом в МИС с требованием протокола обмена РЕГИЗ [4] в части, касающейся наличия медицинских сведений, обязательных для передачи из МИС в РЕГИЗ.

Анализ нормативно–правовых документов (НПА) показал, что несвоевременное и ненадлежащее ведение медицинской документации, отражающее полноту и качество оказываемой пациенту медицинской помощи, может привести к негативным последствиям, таким как: финансовые потери до 100% за СМО, так и репутационные риски с учетом системы рейтингов РЕГИЗ, оценивающей организацию работы главным врачом.

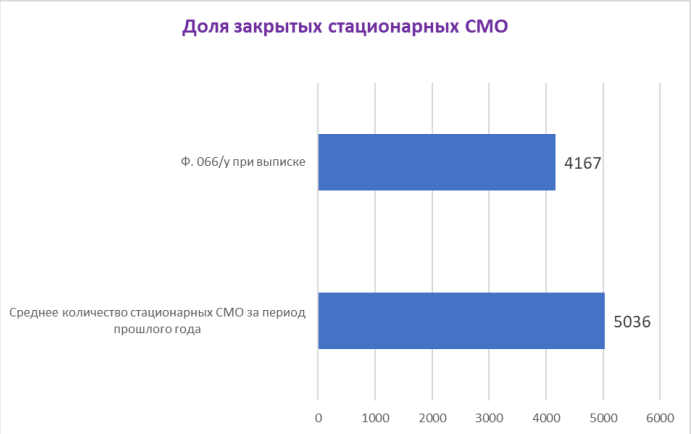


Рис. 2. Доля переданных стационарных случаев. Полнота данных [3]

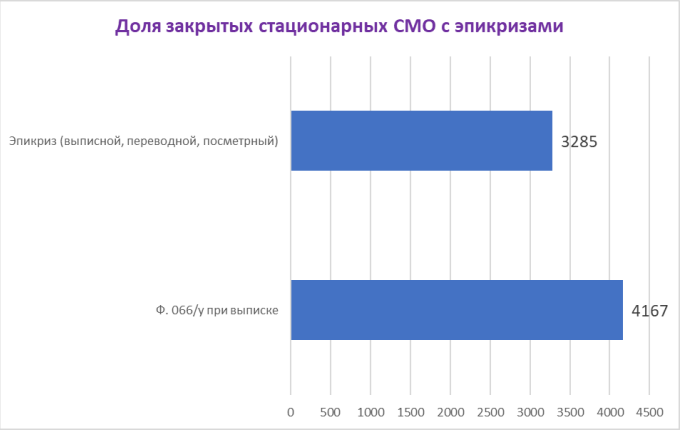


Рис. 3. Доля переданных стационарных случаев. Качество данных [3]

В результате проведенного анализа автором сделаны следующие выводы: на сегодняшний день информационные процессы врача стационара, связанные с движением информации, не отвечают текущим требованиям заинтересованных сторон и нуждаются во внесении изменений.

В ходе работы удалось определить следующие процессы, подлежащие реинжинирингу: ведение электронной истории болезни, назначение консультаций, манипуляций, назначение диагностических и лабораторных исследований. Учитывая тот факт, что процесс реинжиниринга информационных процессов зависит как от внешних, так и внутренних факторов, таких как: изменения в НПА, готовности системы и персонала учреждения, также готовности к изменениям систем на региональном и федеральном уровнях, изменения должны обеспечивать не только текущие потребности по взаимодействию учреждения со сторонними организациями на региональном и федеральном уровнях, но также адаптироваться под новые требования. В статье рассмотрен реинжиниринг процесса ведения пациентов с диагнозом острого нарушения мозгового кровообращения (ОНМК) (рис. 4), включающий в себя требования по передаче не только общих сведений по госпитализации, но и дополнительные медицинские сведения (витальные параметры), как наиболее показательный. Предложенный механизм был апробирован в Организации. Согласно проведенному после внесения изменений анализу данных по передаче витальных параметров в ИАМ, наблюдается положительная динамика: с 16,2% в 2021 году процент передачи вырос до 100% в 2022 году. Реинжиниринг процесса реализован по процессной модели с возможностью масштабирования в случае необходимости внесения изменений в услуги согласно новым требования клинических рекомендаций и стандартов лечения. В рамках реинжиниринга не производятся изменения в кодах МИС, так как в МИС уже учтен порядок оказания услуг. Реинжиниринг не подразумевает полной автоматизации процесса, так как необходимо участие врача с принятием ответственности за решение в части лечения пациента.

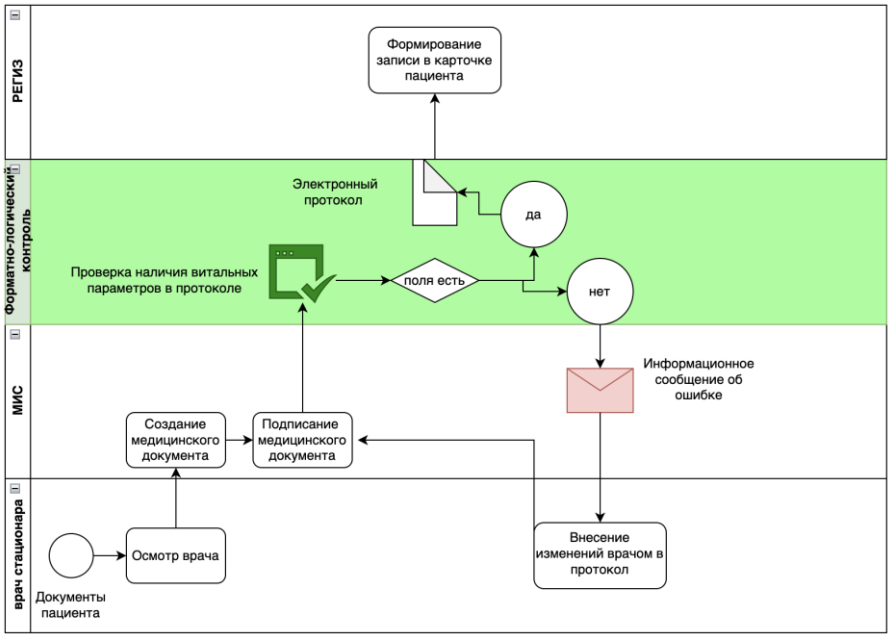


Рис. 4. Процесс формирования витальных параметров врачом стационарного отделения и диагностических отделений в нотации BPMN

Также в рамках исследования были учтены потребности врача, как ключевого участника информационных процессов, в сокращении временных затрат на ведение медицинской документации в МИС. С этой целью были изучены требования к ведению ЭМК. Проведенный анализ показал, что согласно требованиям законодательства, врачу в рамках одной ЭМК приходится неоднократно вносить одни и те же сведения в различные электронные формы. В связи с этим в МИС организации был механизм наследования данных из одного электронного документа в другой с возможностью внесения изменений при необходимости, с возможностью корректировки медицинских сведений в электронных формах для ввода данных. Также для удобства врача в МИС было настроено цветовое выделение полей, данные в которых были наследованы или заполнены по умолчанию, с целью обратить на них внимание врача. Комплекс предложенных мер согласно произведенному в рамках исследования расчету, поможет сократить временные затраты на ведение ЭМК в два раза.

Подводя итоги, следует отметить, что процесс реинжиниринга информационных процессов является длительным, так как зависит как от внешних, так и внутренних факторов. При проведении реинжиниринга необходимо рассматривать масштабируемую процессную модель, позволяющую обеспечить передачу данных не только с учетом текущих, но и возникающих со временем, требований заинтересованных сторон. Удовлетворение потребности врача в сокращении времени на ведение ЭМК, может быть обеспечено путем предложенных технических мер, включающих наследование медицинских сведений, а также использование средств отображения информации в электронных формах ввода данных. При этом следует учитывать, что автоматическое наследование данных, не снимает с врача ответственности за правильность внесения данных, этот факт следует учесть и отразить во внутреннем распоряжении по учреждению. Предлагаемые автором меры можно использовать в рекомендациях к приказу от 7 сентября 2020 г. N 947н “Об утверждении Порядка организации системы документооборота в сфере охраны здоровья в части ведения медицинской документации в форме электронных документов” в части, касающейся рекомендаций по переводу МО на электронный медицинский документооборот.

Список использованных источников

1. Приказ МЗ РФ №530н от 07.08.2022 «Об утверждении унифицированных форм медицинской документации, используемых в медицинских организациях, оказывающих медицинскую помощь в стационарных условиях, в условиях дневного стационара и

порядков их ведения». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=434842 (дата обращения: 19.12.2022).
2. Федеральный проект «Создание единого цифрового контура в здравоохранении на основе единой государственной информационной системы в сфере здравоохранения (ЕГИСЗ)». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://minzdrav.gov.ru/poleznye–resursy/natsproektzdravoohranenie/tsifra (дата обращения: 10.10.2022).
3. Информационно аналитический модуль ГИС РЕГИЗ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://iam.gorzdrav.spb.ru/ (дата обращения: 18.12.2022).
4. Сервис «Региональная ИЭМК» - региональное хранилище интегрированной информации о пациентах и случаях их обслуживания. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://zdrav.spb.ru/ru/for–people/omc/docs001/ (дата обращения: 16.11.2022).

УДК 004.932

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОДХОДОВ К РЕШЕНИЮ ПРОБЛЕМЫ ДОМЕННОГО ОБОБЩЕНИЯ В ЗАДАЧЕ ПАССИВНОГО ЛИЦЕВОГО АНТИСПУФИНГА

Шаньгина Е.А.*[1] *(студент)

***Научный руководитель – старший преподаватель Кабаров В.И.*[1]**

[1]*Университет ИТМО*

e-mail: ekaterinashangina@niuitmo.ru

В данной работе рассматриваются два подхода к детектированию спуфинг-атак в области лицевой биометрии, применяющие идеи доменного обобщения. Исследуется эффективность перспективных методов, основанных на глубоком обучении, и анализируются возможности их улучшения.

Ключевые слова
Глубокие нейронные сети, лицевая биометрия, доменное обобщение, лицевой антиспуфинг, классификация.

В силу возросшей популярности системы аутентификации по лицам часто становятся основной целью атак на биометрическое предъявление, или спуфинг-атак. Атаки на биометрическое предъявление выполняются злонамеренными пользователями, которые стремятся выдать себя за чужую личность и таким образом, получить доступ к закрытой системе. Наиболее часто спуфинг-атаки совершаются с использованием фото, видео с изображением легитимного пользователя или 3D-масок, имитирующих его лицо. Лицевой антиспуфинг – это механизм борьбы с вторжениями, основанными на подделке биометрических данных лица.

Лицевой антиспуфинг является задачей бинарной классификации, цель которой заключается в определении принадлежности лица либо к классу настоящих лиц (Live), либо к классу подделок (Spoof/Fake). Главной проблемой в области антиспуфинга является высокая гетерогенность данных, обусловленная различными условиями их сбора (освещение, записывающее устройство, позы и поведение людей, их этническая принадлежность и т. д.). Подобные различия формируют скрытые домены, которые трудно обозначить в явном виде. Это приводит к необходимости поиска решения задачи доменного обобщения. На данный момент для этой цели широко используются подходы на основе глубоких нейронных сетей с элементами метрического обучения.

Один из таких подходов – одностороннее доменное обобщение (Single-Side Domain Generalization, SSDG) [1]. Основная идея подхода состоит в том, чтобы изучить обобщенное пространство признаков, где распределение признаков реальных лиц компактно, в то время как распределение признаков подделок рассредоточено по доменам, но компактно внутри каждого домена. Поскольку расхождения в распределении подделок намного больше, чем у реальных лиц, то очень сложно выровнять и унифицировать их характеристики. Поиск общего компактного пространства признаков как для реальных лиц, так и для подделок трудно оптимизировать. К тому же, такое решение может оказывать негативное влияние на точность классификации для неизвестных доменов. Вместо этого можно сфокусироваться на идее асимметричной оптимизации для реальных и поддельных лиц.

Целям разделения подделок из разных доменов и объединения реальных лиц служит специальная функция потерь – Asymmetric Triplet Loss.

Суть Asymmetric Triplet Loss заключается в определении функции потерь как функции от трех объектов:

– Anchor: некоторое изображение, выбранное из набора данных;

– Positive: изображение, выбранное таким образом, чтобы оно принадлежало к тому же классу, что и Anchor;
– Negative: изображение, выбранное таким образом, чтобы оно принадлежало к любому другому классу, кроме класса Anchor.

Тогда функция потерь формулируется таким образом, чтобы она сближала Anchor и Positive и отталкивала Anchor и Negative с некоторым запасом:

$$L_{ATriplet} = \sum_{x_i^a, x_i^p, x_i^n} \left(\left\| x_i^a - x_i^p \right\|_2^2 - \left\| x_i^a - x_i^n \right\|_2^2 + \alpha \right),$$

где x_i^a – объект, считающийся Anchor,
x_i^p – объект, считающийся Positive,
x_i^n – объект, считающийся Negative, при этом x_i^a и x_i^p имеют одну и ту же метку домена, а x_i^a и x_i^n имеют разные метки домена.

С целью привнесения асимметрии данные необходимо перераспределить по доменам таким образом, что все настоящие лица будут относиться к одному (новому) домену. Применение Asymmetric Triplet Loss позволяет добиться эффекта, отображенного на рисунке 1.

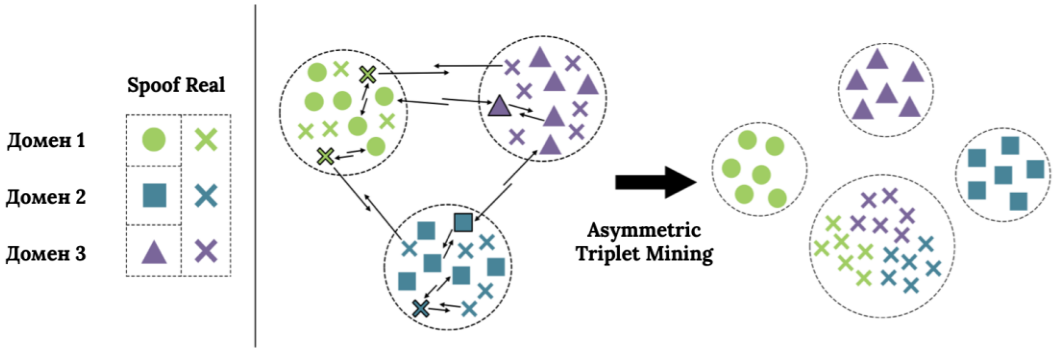


Рис. 1. Распределение объектов в пространстве признаков

На рисунке 2 представлена архитектура предложенного метода. Два генератора признаков с общими весами продуцируют векторы признаков, которые классифицируются бинарно. Классификатор обучается с использованием функции кросс-энтропии в качестве функции потерь. Помимо этого, генератор признаков обучается, конкурируя с доменным дискриминатором. Дискриминатор домена используется для классификации исходного домена входного объекта. Тогда задача генератора заключается в создании таких векторов признаков, по которым метки домена не могли бы быть распознаны. Таким образом, для реальных лиц формируется процесс состязательного обучения между генератором признаков и дискриминатором доменов для изучения обобщенного пространства признаков. Состязательное обучение не проводится для данных класса *spoof*.

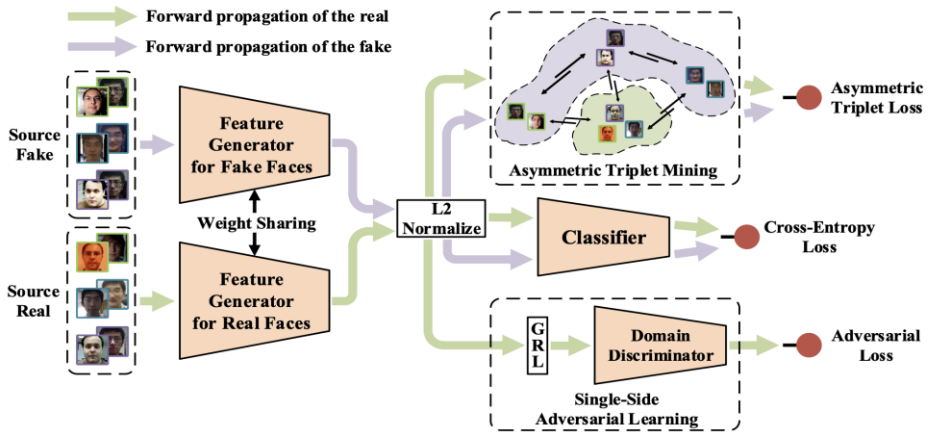


Рис. 2. Архитектура модели SSDG [1]

Помимо описанного выше подхода SSDG в исследовании представлен еще один подход, в основе которого лежит метрическое обучение, – обучение с асимметричным угловым отступом (Asymmetric Angular Margin Domain Generalization, AAMDG).

Основная идея данного подхода выражается в изучении такого метрического пространства, которое позволит расположить эмбеддинги разных доменов на нормализованной гиперсфере таким образом, чтобы имелась возможность обособить эмбеддинги с разными доменными характеристиками.

Подобные подходы давно и успешно используются в области распознавания лиц, где задача состоит в необходимости разделения эмбеддингов разных персон между собой. В большинстве случаев они реализуются применением различных вариаций угловых функций потерь. Одной из самых известных подобных функций потерь является косинусная функция с большим отступом (Large Margin Cosine Loss), предложенная в статье [2]. Она позволяет существенно разделить эмбеддинги разных классов на гиперсфере (рис. 3).

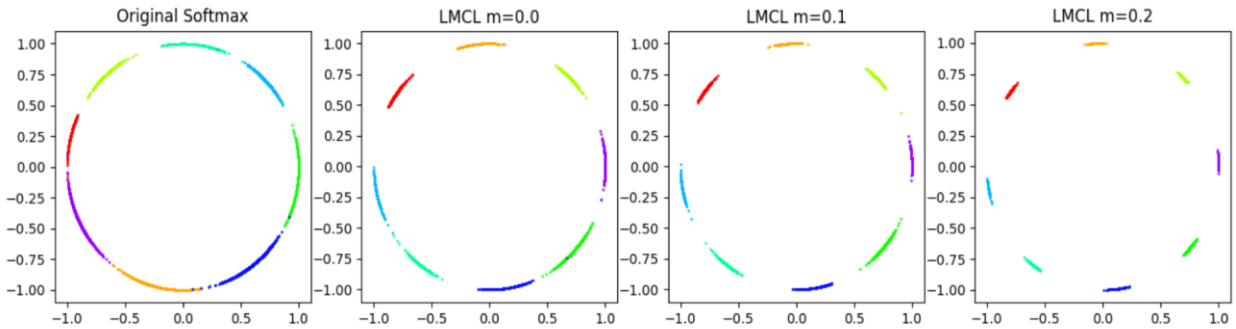


Рис. 3. Проекция признаков на сферическое пространство для оригинальной Softmax-функции и Large Margin Cosine Loss

В случае антиспуфинга предлагается в качестве разделяемых сущностей использовать комбинацию “бинарная метка класса” + “домен”. В качестве домена, как было указано выше, можно использовать различные характеристики, в данной работе домены представлены датасетами. Таким образом, на этапе обучения модели задача из бинарной классификации между классами *live* и *spoof* трансформируется в мультиклассовую классификацию между некоторыми предварительно составленными классами-доменами.

В качестве угловой функции потерь применялась Softmax-функция с асимметричным угловым отступом (Asymmetric Angular Margin Softmax, AsymAM-Softmax). Для категорий *live* и *spoof* используются разные угловые отступы, m_l и m_s соответственно. Обозначим набор классов категории *live* как $L = \{L_1, L_2, \ldots, L_k\}$, а набор классов категории spoof как $S = \{S_1, S_2, \ldots, S_{N-k}\}$, где N – общее количество классов. Тогда функция AsymAM-Softmax для одного тренировочного экземпляра имеет вид:

$$L(f_i) = \begin{cases} -log \dfrac{e^{s\cdot(W_{y_i}^T f_i - m_l)}}{e^{s\cdot(W_{y_i}^T f_i - m_l)} + \sum_{j=1, i\neq y_i}^{N} e^{s\cdot W_j^T f_i}}, y_i \in L \\ -log \dfrac{e^{s\cdot(W_{y_i}^T f_i - m_s)}}{e^{s\cdot(W_{y_i}^T f_i - m_s)} + \sum_{j=1, i\neq y_i}^{N} e^{s\cdot W_j^T f_i}}, y_i \in S \end{cases}.$$

Таким образом, описанный метод приводит к компактному распределению кластера объектов для каждой категории и обеспечивает лучшую способность к обобщению. Поскольку расхождения в распределении между экземплярами атак больше, чем между экземплярами действительных предъявлений, выборки обрабатываются асимметрично. Больший отступ заставляет модель изучать более компактный кластер внутри live-класса, оставляя spoof-экземпляры выборки более разреженными в пространстве объектов.

Для оценивания эффективности методов была проведена серия экспериментов. Обучение моделей при обоих подходах использовались следующие базы данных:

- OULU-NPU (O) [3];
- Idiap Replay-Attack (I) [4];
- MSU-MFSD (M) [5];
- CASIA-MFSD (M) [6].

В таблице 1 представлено описание содержимого перечисленных баз данных.

Таблица 1

Краткое описание баз данных

База данных	Год	Live / Spoof	Кол-во субъектов
CASIA-MFSD	2012	150/450 (Видео)	50
IDIAP REPLAY-ATTACK	2012	200/1000 (Видео)	50
MSU-MFSD	2014	70/210 (Видео)	35
OULU-NPU	2017	720/2880 (Видео)	55

Упомянутые базы данных имеют существенные различия в доменных характеристиках. Для того, чтобы в полной мере оценить способность модели к обобщению, использовался протокол оценивания Cross-Database Intra-Type Protocol. Этот протокол основан на измерении способности к доменному обобщению на уровне базы данных. Согласно ему, модели обычно обучаются на одной или нескольких базах данных (исходные домены), а затем тестируются на неизвестных базах данных (целевые домены). Таким образом, всего у нас есть четыре тестовых сценария: O&C&I–M, O&M&I–C, O&C&M–I и I&C&M–O.

В данной работе метод одностороннего доменного обобщения состоит из следующих компонентов:

- генератор признаков: ConvNeXt Tiny,
- классификатор: один полносвязный слой,
- дискриминатор: два полносвязных слоя с dropout-регуляризацией.

Метод обучения с асимметричным угловым отступом реализован на основе той же модели и классификатора, как и предыдущий.

Также для сравнения использовался базовый подход, не использующий техники доменного обобщения. При нем та же модель, что и для описанных подходов, обучалась задаче простой бинарной классификации.

Все эксперименты реализованы с использованием библиотеки PyTorch, в качестве функции потерь при бинарной классификации использовалась функция бинарной кросс-энтропии. При подходе AAMDG в сценарии тестирования финальное предсказание вероятности spoof-атаки получено путем усреднения предсказаний для всех классов, относящихся к категории *spoof*.

С целью улучшения результатов в обоих подходах модель была также обучена с использованием аугментации данных. Для эксперимента была выбрана стратегия аугментации CutMix, Она заключается в следующем: во время обучения случайным образом генерируются координаты некоторой области на изображении, затем выбранный патч заменяется в соответствующем месте патчем из другого случайно выбранного изображения из текущего минибатча. CutMix обновляет метки изображений в соответствии с пропорцией замененных участков. Подобная аугментация данных позволяет повысить инвариантность модели к некоторым преобразованиям входных данных и выступает в качестве регуляризатора.

Для оценивания модели с CutMix-аугментацией данных были проведены аналогичные эксперименты с четырьмя тестовыми сценариями. Полученные значения метрик также представлены в таблице 2 и являются сопоставимыми с результатами текущих state-of-the-art методов.

Результаты, полученные в ходе проведения экспериментов, приведены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты экспериментов

Модель	O&C&I to M		O&M&I to C		O&C&M to I		I&C&M to O	
	HTER (%)	AUC (%)	HTER (%)	AUC (%)	HTER (%)	AUC (%)	HTER (%)	AUC (%)
Baseline	12,85	91,45	15,76	89,24	11,69	95,04	16,77	88,62
SSDG	6,98	96,89	10,53	95,94	12,28	96,02	12,91	91,13
SSDG CutMix	**5,94**	**97,91**	**9,06**	**97,01**	**10,32**	**96,99**	**10,23**	**93,54**
AAMDG	8,05	95,67	12,25	96,16	12,15	95,14	15,91	89,33
AAMDG CutMix	7,88	96,14	12,32	96,44	11,99	96,66	13,04	91,08

В данной работе были исследованы подходы к детектированию спуфинг-атак в области лицевой биометрии, основанные на идее доменного обобщения. Представленные подходы показывают хорошие результаты при обучении на нескольких базах данных, а использование CutMix-аугментации позволяет дополнительно улучшить показатели. Лучший результат получен применением подхода одностороннего доменного обобщения. Подход на основе асимметричного углового отступа также показал хорошие результаты в сравнении с базовым подходом. Описанные подходы могут быть дополнительно улучшены. Направлениями для дальнейших исследований являются:

– сбор и использование новых баз данных, предназначенных непосредственно для задачи доменного обобщения;
– проведение экспериментов с новыми функциями потерь;
– использование дополнительных стратегий аугментации данных.

Список использованных источников

1. Jia Y., Zhang J., Shan S., Chen X. Single-Side Domain Generalization for Face Anti-Spoofing // 2020 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). 2020. С. 8481-8490.
2. Wang H., Wang Y., Zhou Z., Ji X., Gong D., Zhou J., Li Z., Liu W. CosFace: Large Margin Cosine Loss for Deep Face Recognition // IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. 2018. С. 5265-5274.
3. Boulkenafet Z., Komulainen J., Li L., Feng X., Hadid A. Oulu-npu: A mobile face presentation attack database with real-world variations // International Conference on Automatic Face & Gesture Recognition (FG). 2017. С. 612–618.
4. Chingovska I., Anjos A., Marcel S. On the effectiveness of local binary patterns in face anti- spoofing // International Conference of Biometrics Special Interest Group (BIOSIG). 2012. С. 1-7.
5. Wen D., Han H., Jain A. Face spoof detection with image distortion analysis // Transactions on Information Forensics and Security (TIFS). 2015. С. 746-761.
6. Zhang Z., Yan J., Liu S., Lei Z., Yi D., Li S. Z. A face antispoofing database with diverse attacks // 5th IAPR international conference on Biometrics. 2012. С. 26-31.

Военный центр

УДК 378.14

РОЛЬ ВОЕННОГО ОБРАЗОВАНИЯ В РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ РАЗВИТИЯ УНИВЕРСИТЕТА ИТМО 2030

Андреев С.Б.[1], Громов А.В.[1], Зиновьев В.В.[1]

[1]Университет ИТМО

e-mail: sbandreev@itmo.ru

В работе рассмотрена роль военного образования в подготовке высококвалифицированных специалистов в рамках программ высшего образования с учетом программы развития ИТМО 2030. Проанализированы стратегическая цель развития Университета ИТМО до 2030 года, цели и задачи стратегических проектов программы развития ИТМО 2030, и установлено соответствие с ключевыми навыками, приобретаемыми студентами при получении военного образования в рамках военного учебного центра при Университете ИТМО.

Ключевые слова
Военный учебный центр, программа развития ИТМО 2030, военное образование, военно-учетная специальность, Вооруженные Силы Российской Федерации, военно-промышленный комплекс.

История военного образования в Российской Федерации начинается с начала XIII века, когда под ведением Оружейной палаты появилась Школа математических наук. Впоследствии появилось множество военных и кадетских училищ, история которых продолжается и в настоящее время. В систему высшего гражданского образования обучение военному делу было введено в СССР с 20 августа 1926 года, когда постановлением Центрального исполнительного комитета СССР и Совета народных комиссаров СССР была введена необходимая норма военного образования в программах высшего образования в размере 180 часов теоретических занятий и обязательных учебных военных сборов продолжительностью 2 месяца.

Первая вневойсковая подготовка в ЛИТМО (прежнее название Университета ИТМО) была начата осенью 1930 года, и уже в начале 1936 года состоялся первый выпуск младших командиров Рабоче-крестьянской Красной Армии. Отвагу и мужество сотрудники ЛИТМО, в том числе прошедшие военную подготовку, проявили в Великой отечественной войне [1]. С тех пор в Университете ИТМО непрерывно ведется военное образование, в том числе в рамках ранее упраздненных института комплексного военного образования, факультета военного обучения и военной кафедры, а также в рамках функционирующего в настоящее время Военного учебного центра при Университете ИТМО [2]. Таким образом, уже более 90 лет военное образование в Университете ИТМО является неотъемлемой частью подготовки высококвалифицированных специалистов.

В соответствии с программой развития ИТМО 2030, стратегическая цель развития Университета ИТМО до 2030 года заключается в подготовке глобально конкурентоспособных кадров для сектора исследований и разработок и ответ на научно-технологические и социально-экономические вызовы, стоящие перед страной, с учетом национальных целей и приоритетов, стратегических задач текущего этапа и особенностей развития рынков и регионов, в условиях максимальной кооперации и вовлечения индустрии и общества во все этапы жизненного цикла знаний, технологий, рынков. Программа развития ИТМО 2030 разработана с целью реализации Федеральной программы «Приоритет 2030», цель которой заключается в формировании широкой группы университетов, которые станут лидерами в создании нового научного знания, технологий и разработок для внедрения в российскую экономику и социальную сферу [3].

Стратегическая цель развития Университета ИТМО может быть перенесена на задачи военного сектора экономики Российской Федерации. В частности, военно-промышленный комплекс Российской Федерации как никогда нуждается в высококвалифицированных научных и

инженерных кадрах для разработки и производства новых современных видов вооружения и военной техники, в том числе с учетом современных тенденций развития информационных технологий в части технологий анализа больших данных, искусственного интеллекта и компьютерного зрения, а также достижений в областях робототехники, фотоники и квантовых технологий, являющихся одними из приоритетных видов научной деятельности Университета ИТМО. Для обеспечения технологического прогресса в данных областях необходимо обеспечить не только качественную подготовку высококвалифицированных кадров, но и их интеграцию в деятельность предприятий военно-промышленного комплекса с учетом применяемых там технологий и оборудования, а также особенностей организации труда в военном секторе экономики. Одним из возможных инструментов такой интеграции является обучение студентов в военном учебном центре, где они при получении военно-учетной специальности знакомятся с видами вооружения и военной техники, особенностями их устройства, эксплуатации и ремонта, а также организацией службы Вооруженных Сил Российской Федерации.

С учетом того, изучаемые в военном учебном центре военно-учетные специальности в большинстве своем приближены к гражданским специальностям обучающихся, у наиболее талантливых студентов уже в процессе обучения могут появляться идеи по улучшению и модернизации образцов военной техники, с которыми они были ознакомлены – и при наличии научных связей с научно-исследовательскими институтами и предприятиями, занимающимися разработкой изучаемых образцов вооружения и военной техники, студенты смогут реализовывать свои идеи в рамках прохождения научной или производственной практики. По окончании университета студенты, прошедшие обучение в военно-учебном центре, будут являться более востребованными кадрами для предприятий военно-промышленного комплекса, поскольку фактически по итогам обучения они ближе знакомы со спецификой деятельности Вооруженных Сил Российской Федерации и предприятиями военно-промышленного комплекса.

Одним из стратегических проектов программы развития ИТМО 2030 является создание «Очень персонифицированного образования, основанного на ценностях». Данный стратегический проект ставить целью подготовку достижения нового качества образования в ИТМО и подготовку нового поколения кадров, а также обеспечить реализацию личностного потенциала, формирование уникального профиля компетенций. Военное образование в Университете ИТМО также развивается и совершенствуется – разрабатываются новые образовательные программы, актуализируются дисциплины, в том числе с учетом получения военным учебным центром документации на более современные виды вооружения. Таким образом, качество военного образования улучшается вместе с улучшением гражданского образования в Университете ИТМО, что соответствует одной из целей данного стратегического проекта. Обучение в военном учебном центре способствует раскрытию личностного потенциала студентов. Одним из ключевых качеств является развитие у студентов управленческих качеств, поскольку за обучение в военном-учебном центре практически каждый студент имеет возможность попробовать себя в роли управленца будучи командиром взвода, заместителем командира взвода, командиром отделения или командиром расчета при выполнении практических заданий, выполняемых группой студентов. Кроме того, военное образование способствует повышению уровня самоорганизации студентов, в частности благодаря усвоению материала по дисциплинам в рамках самостоятельной работы студента, которая является неотъемлемой частью распорядка учебного дня военной подготовки студентов, за исполнением которой осуществляется контроль [4].

Необходимо отдельно упомянуть о соответствии военного образования одному из проектов развития, являющихся составными проектами ранее упомянутого стратегического проекта «Очень персонифицированное образование, основанное на ценностях» программы развития ИТМО 2030. В частности, одним из проектов развития является «Образовательный пазл», в рамках которого предполагается в том числе «реализация асинхронного образования (выбор режима и темпа освоения образовательных программ конкретным студентом)». Военное образование в Университете ИТМО также развивается в этом направлении, о чем свидетельствую два фактора. Во-первых, при освоении военных дисциплин во время магистратуры студенты

имеют возможность проходить обучение в военном учебном центре не в линейном формате (одно занятие в неделю в течение всего семестра), а в модульном формате (модуль обучения состоит из 25 учебных дней военной подготовки, реализуемых непрерывно). Во-вторых, студенты Университета ИТМО имеют возможность начать с нуля освоение военно-учетной специальности в магистратуре, что является уникальным достижением военного учебного центра Университета ИТМО. Это открывает дополнительные возможности как для студентов Университета ИТМО, прошедших обучение в бакалавриате, но не поступавших в военный учебный центр, так и для приходящих в магистратуру Университета ИТМО студентов из других учебных заведений.

Военное образование в Университете ИТМО дополнительно может перенимать и существующие на гражданских образовательных программах практики по работе со студентами, которые являются частью программы развития ИТМО 2030. Одной из таких существующих и успешно функционирующих практик является программа менторов Университета ИТМО (ITMO Mentors) [5], которая создана для того, чтобы у талантливых магистрантов и аспирантов Университета ИТМО была возможность реализовать себя в преподавательской деятельности. Менторы могут участвовать в проведении занятий, помогать при консультационной поддержке студентов по курсам, а также помогать при проведении экзаменов. Данная практика может быть расширена и на образовательный процесс в военном учебном центре – студенты старших курсов, проходящие обучение в военном-учебном центре, могут быть менторами на предметах, преподаваемых студентам начальных курсов. Поскольку военное образование отличается от гражданского образования, многим студентам необходимо время для адаптации к процессу обучения в военном учебном центре, и наличие менторов способно существенно упростить данный процесс, так как студентам начальных курсов будет проще коммуницировать с ментором, который является таким же студентом, совсем недавно прошедшим тот путь, который предстоит пройти студентам младших курсов.

В настоящей работе были рассмотрены особенности реализации военного образования в военном учебном центре Университета ИТМО применительно к программе развития ИТМО 2030, реализуемой в рамках исполнения Федеральной программы «Приоритет 2030». Было показано, что цели реализации военного образования соответствуют основным положениям программы развития ИТМО 2030, а также важность получения военного образования при подготовке гармонично развитых профессионалов в системе высшего образования. Показано, что реализуемые в военном учебном центре при Университете ИТМО изменения подходов к организации образовательного процесса соответствуют аналогичным подходам, применяемым в Университете ИТМО при реализации гражданских образовательных программ, а также предложено рассмотреть возможность внедрения в военное образование дополнительных практик, используемых в образовательном процессе Университета ИТМО.

Список использованных источников

1. Натальин Н.В., Сантьев А.А., Зиновьев В.В., Андреев С.Б., Громов А.В. Роль ученых и инженеров ГОИ в годы Великой Отечественной войны. Часть 1 // История подвига: материалы всероссийской научной конференции с международным участием: посвящается 75-летию Победы (Иркутск, 15мая 2020 г.). 2020. С. 85-92.
2. История военного учебного центра Университета ИТМО. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://military.itmo.ru/ru/history/history.htm (дата обращения: 14.02.2023).
3. Программа развития ИТМО 2030. [Электронный ресурс]. – Режим доступа - https://2030.itmo.ru (дата обращения: 14.02.2023).
4. Громов А.В., Масюков М.С. Организация самостоятельной работы студентов военной кафедры и степень её влияния на усвоение учебного материала // Теория и практика военного образования в гражданских вузах: Педагогический поиск. Сборник материалов I Всероссийской научно-практической конференции. 2019. С. 68-73
5. Описание программы менторов Университета ИТМО ITMO Mentors. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://student.itmo.ru/ru/mentors/ (дата обращения: 14.02.2023).

УДК 378.14

РАЗВИТИЕ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПОЛЕВОЙ УЧЕБНОЙ БАЗЫ ВОЕННОГО УЧЕБНОГО ЦЕНТРА ПРИ УНИВЕРСИТЕТЕ ИТМО

Андреев С.Б.[1], Громов А.В.[1], Зиновьев В.В.[1]

[1]Университет ИТМО

e-mail: sbandreev@itmo.ru

В работе рассматриваются планы развития и совершенствования полевой учебной базы «Колосково» военного учебного центра при Университете ИТМО на период до 2027 года. Показывается важность наличия полевой учебной базы для развития и совершенствования практических навыков студентов военного учебного центра, а также формирования психологических качеств, необходимых при нахождении в полевых условиях. Описываются мероприятия по подготовке учебных мест для проведения занятий по тактической подготовке, радиационной, химической и биологической защите, инженерной подготовке, огневой подготовке из стрелкового оружия, а также места занятий по обучению специалистов наземной артиллерии и места для проведения занятий по строевой подготовке.

Ключевые слова

Военный учебный центр, учебная база, Университет ИТМО, тактическая подготовка, инженерная подготовка, огневая подготовка, строевая подготовка, радиационная, химическая и биологическая защита.

Военное образование при высших учебных заведениях реализуется уже почти сто лет, беря свое начало в 1926 году, когда после постановления Центрального исполнительного комитета СССР и Совета народных комиссаров СССР были введены первые военные дисциплины в рамках вневойсковой подготовки [1]. С тех пор формат реализации военного образования в высших учебных заведениях претерпевал множество изменений и реорганизаций. На разных временных этапах вводились институты военного образования, факультеты военного образования, военные кафедры. В настоящий момент реализация военного образования в высших учебных заведениях осуществляется на базе военных учебных центров при высших учебных заведениях. А также стоит отметить, что с 1 сентября 2023 года Министерством науки и высшего образования Российской Федерации с согласованием с Министерством обороны Российской Федерации [2] во всех образовательных организациях высшего образования начинается подготовка по модулю «Основы военной подготовки» в целях получения студентами знаний, умений и навыков, необходимых для становления в качестве граждан способных и готовых к выполнению воинского долга и обязанности по защите своей Родины. Развитие и совершенствование образования, как гражданского, так и военного, это непрерывный процесс, направленный на его адаптацию под современные тенденции и вызовы, стоящие перед государством.

Обучение в военных учебных центрах при высших учебных заведениях делится на три основных этапа. На первом этапе в учебных и специализированных аудиториях с использованием военно-учебного имущества проводятся лекционные и групповые занятия, самостоятельная работа для восприятия и осмысливания учебного материала подлежащего усвоению. На втором этапе в специализированных аудиториях и на полевой учебной базе с использованием военно-учебного имущества и учебно-тренировочных средств проводятся групповые и практические занятия для закрепления и совершенствования знаний, образования умений и навыков. А на третьем этапе проводятся практические занятия уже на учебных сборах при воинских частях в целях закрепления уже полученных знаний, умений и навыков и приобретения опыта в исполнении обязанностей по должностному предназначению.

В соответствии с квалификационными требованиями к материально-техническому обеспечению учебного процесса, как для реализации военной подготовки в Университете ИТМО, а также для проведения занятий по модулю «Основы военной подготовки» разработан план развития и совершенствования полевой учебной базы «Колосково» на период с 2022 года по 2024 год. Целью создания полевой учебной базы, в первую очередь, является совершенствование материально-технической базы для проведения практических занятий, тренировок, выполнения нормативов по предметам обучения, а также более качественной подготовки студентов по приобретению опыта в исполнении обязанностей по должностному предназначению. Реализация данного плана развития позволит военному учебному центру при Университете ИТМО к 2024 году повысить уровень военного образования по программам подготовки матросов, сержантов и офицеров запаса. Совершенствование учебно-материальной базы военно-учебного центра соответствует целям и задачам программы развития Университета ИТМО 2030 [3], и представляет собой систему мер, направленных на приведение полевой учебной базы в соответствие уровню и техническим возможностям применяемых образцов вооружения и военной техники, а также требованиям руководящих документов, регламентирующих боевую подготовку войск. Оно включает строительство новых объектов, реконструкцию, расширение, текущий и капитальный ремонты существующих учебных объектов, оснащение и оборудование их новыми образцами учебно-тренировочных средств.

В соответствии с приказом Министра обороны Российской Федерации [4] и приказом Командующего западным военным округом [5] определен и утвержден состав учебно-материальной базы, которая исходя из особенностей организации учебного процесса вуза, в зависимости от предназначения по военно-учетным специальностям обучающихся и решаемых ими задач, подразделяется на классную, приказарменную и полевую.

В приказарменной учебно-материальной базе для военных учебных центров оборудуются: учебное место по огневой подготовке с учебными точками; учебное место по обучению в метании учебно-имитационных гранат в пешем порядке с учебными точками; учебное место по тактической подготовке с учебными точками; учебное место по подготовке специалистов наземной артиллерии с учебными точками; учебное место по инженерной подготовке с учебными точками и учебное место по РХБ защите с учебными точками.

Создание всех перечисленных учебных мест для подготовки студентов военного учебного центра планируется на учебно-материальной базе «Колосоково» в период до 2024 года.

При подготовке учебных мест для занятий по тактической подготовке планируется оборудование позиции мотострелкового отделения (рис. 1), оборудование ходов сообщений, а также оборудование блиндажа, укрытий и ниш для личного состава, оборудование тактического поля с полосой разведчика (рис. 2) с выполнением мероприятий по оборудованию на полосе деревянного забора и полуразрушенной стены, оборудование завала и проволочной сети на низких кольях, оборудование рва с полуразрушенным мостом, укрытого участка хода сообщений, а также оборудование участка оказания первой медицинской помощи (тактической медицины) и линии проводной связи.

Рис. 1. Позиция мотострелкового отделения в обороне

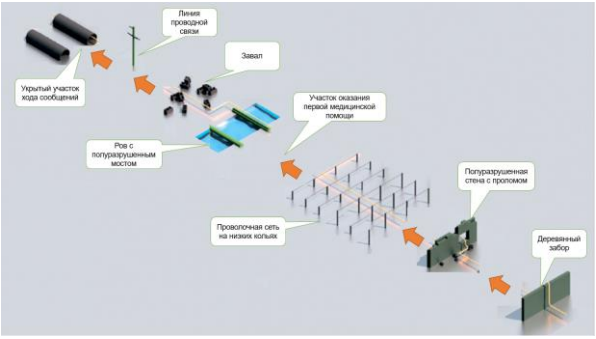


Рис. 2. Полоса разведчика

На учебном месте для проведения занятий по радиационной, химической и биологической защите (рис. 3) планируется оборудование местности с учебными точками для практической работы на приборах радиационной и химической разведки, отработки нормативов.

Для выверки артиллерийских оптических приборов ПАБ-2АМ, 1Д13, 1Д14 и практической работы с приборами на местности планируется оборудование наблюдательного пункта артиллерийской батареи (рис. 4).

Рис. 3. Учебное место по РХБЗ

Рис. 4. Командно-наблюдательный пункт

Для проведения занятий по инженерной подготовке оборудуется инженерный городок (рис. 5) с учебными точками по фортификационному оборудованию позиций, инженерных заграждений и установке инженерных мин.

Подготовка учебного места для проведения занятий по огневой подготовке из стрелкового оружия (рис. 6) включает в себя оборудование учебных точек для изучения правил стрельбы, условий упражнений стрельб и требований безопасности, оборудование места для обучения изготовке к стрельбе из различных положений и оборудование места для изучения материальной части стрелкового оружия. Кроме того, при подготовке учебного места для проведения занятий по огневой подготовке из стрелкового оружия будет реализован рубеж стрельбы из автомата АК из положений лежа, с колена, стоя, а также рубеж для стрельбы из пистолета ПМ. Также при совершенствовании материально-технической базы планируется подготовить рубеж для метания ручных осколочных гранат, в том числе подготовить место для метания ручной осколочной гранаты, ручной наступательной гранаты на меткость с места, ручной наступательной гранаты на дальность с места.

Рис. 5. Инженерный городок

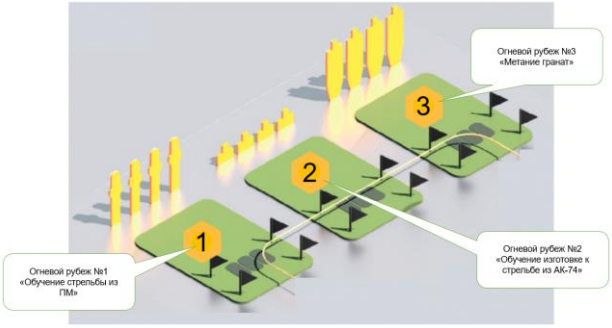


Рис. 6. Огневой городок

В дополнение к указанному планируется закупка электронного стрелкового тренажера «ТЭСТ», как инструмента обучения стрельбе и отработки тактических навыков обращения со стрелковым оружием и гранатометами.

В настоящий момент для проведения занятий по строевой подготовке используется плац во дворе корпуса Университета ИТМО по адресу пер. Гривцова, д. 14, а также недавно оборудованный плац во дворе корпуса военного учебного центра при Университете ИТМО по адресу 2-я комсомольская ул., д. 7.

Таким образом, существующая учебно-материальная база позволяет в теплое время года проводить ежедневную отработку строевых приемов студентами военного учебного центра при Университете ИТМО. Создание плаца также планируется и на территории полевой учебной базы «Колосково».

Для проведения занятий в теплое время года будет оборудован летний класс и спортивная площадка.

В исполнении требований руководящих документов Министерства обороны Российской Федерации по развитию и совершенствованию полевой учебной базы, определен объем работ и сроки их проведения, а также определены ответственные за выполнение каждого из мероприятий. Контроль готовности полевой учебной базы «Колосково» к началу обучения будет производиться представителями департаментов Университета ИТМО и группой контроля, назначенной начальником военного учебного центра, в состав которой будут входить преподаватели военного учебного центра.

Создание и развитие полевой учебной базы «Колосково» в Университете ИТМО позволит военному учебному центру качественно повысить эффективность проведения занятий по всем разделам военной подготовки, охватывая максимальное количество обучаемых практическим действиям. А также в летний период даст возможность использовать оснащение базы для проведения спортивных мероприятий и соревнований студентам и сотрудникам.

Список использованных источников

1. Савелов Г.А., Алешин А.И., Горелов Н.С. История развития военного обучения в России // Скиф.Вопросы студенческой науки. 2020. №. 2. С. 53-57.
2. Программа образовательного модуля «Основы военной подготовки» для обучающихся образовательных организаций высшего образования от 21.12.2022 № МН-5\35982.
3. Программа развития ИТМО 2030. [Электронный ресурс]. – Режим доступа - https://2030.itmo.ru (дата обращения: 28.02.2023).
4. Приказ Министра Обороны РФ от 30 декабря 2017 года №838.
5. Приказ Командующего Западным военным округом от 10 февраля 2019 года № 124 дсп.

УДК 378.147

ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ И ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ И ИХ РЕАЛИЗАЦИЯ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ ВОЕННЫХ УЧЕБНЫХ ЦЕНТРОВ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИХ ПОДГОТОВКУ ОФИЦЕРОВ ЗАПАСА

Гончаров А.Д.[1], Мануйленко В.Г.[1], Удин Е.Г.[1]

[1]Университет ИТМО

e-mail: adgoncharov@itmo.ru

В работе рассматривается анализ нынешнего состояния профессиональной подготовки студентов, обучающихся по программе подготовки офицера запаса в военном учебном центре, при гражданском вузе, и приведены примеры по ее обновлению.

Ключевые слова
Военный учебный центр, студент, офицер запаса, учебный процесс, образование, армия.

Сегодняшнее студенчество нашей страны – будущие защитники Отечества, это по многим позициям совершенно новая генерация. Они значительно отличаются от привычных нам стереотипов и тех сверстников, которые обучались раньше.

Происходящие в стране обстоятельства настоятельно диктуют необходимость обновления профессиональных знаний и навыков студента – будущих военных специалистов. От совершенствования качества образования и подготовленности офицера, соответствующей реальностью сегодня зависит будущее Российской армии.

Обновление профессиональных знаний и их реализация в учебном процессе военных учебных центров гражданских вузов, осуществляющих подготовку офицеров запаса – это системное преобразование достаточно масштабного плана. Любое преобразование подобного уровня потребует от преподавательского коллектива, управленческих структур осмысления ряда шагов.

Чем же диктуется необходимость обновления образования студента – будущего офицера запаса? Каким реалиям сегодняшнего дня должен отвечать уровень подготовленности?

Необходимость преобразований диктуется глобальными изменениями, произошедшими в армии. Одним из важнейших направлений образования является подготовка офицера в условиях реформирования армии. Кроме этого, диктуется глобальными изменениями, произошедшими в нашей стране, резкое расслоение общества на социальные группы с разным материальным уровнем, многообразие нравственных ориентаций при отсутствии единой объединяющей идеи, плюрализм норм поведения, противоречивость и агрессивность информационного устройства общества, ресурсная недостаточность большинства составляющих жизни.

Студент, выходящий из стен современного вуза и обучающийся в военном учебном центре, должен быть обучен не только по своей гражданской специальности, но и по военной специальности.

Наконец, необходимость обновления знаний и навыков студентов связана с тем, что произошли коренные изменения в сознании общественности, требующие от армии нового качества.

Анализ сегодняшней ситуации подготовленности офицеров запаса в системе высшего образования в военных учебных центрах показывает, что основной акцент в обучении делается на выработку у студентов ценности знаний. При этом, забывая о ценности личностных профессиональных качеств.

Модули, которые изучаются при обучении студентов, призваны обеспечить подготовку не только специалиста, но и человека, вписавшегося в сегодняшнее общество, владеющего

знаниями, необходимыми для оптимальной жизнедеятельности в условиях современного боя, умеющего обучать и воспитывать подчиненных.

Ценностью, целью и результатом современной системы высшего образования, готовящей человека к жизни в изменяющихся, динамичных обстоятельствах, должно стать обучение способам деятельности, самообразования, владения обобщенными схемами интеллектуального труда.

Анализ нынешнего состояния обученности студентов – будущих военных специалистов, с точки зрения рассматриваемого основания, приводит к выводу о том, что в настоящее время система контроля знаний студентов направлена на определение уровня их теоретической подготовки, в связи с чем вопросы на экзамене, зачете и прочее, достаточно адекватны. Однако, если мы поставим во главу угла профессиональную обученность будущего офицера, информационно деятельностный подход и обучение способам деятельности, то система контроля также должна быть смещена в сторону определения уровня их готовности к профессиональной деятельности – готовности как субъективного состояния личности успешно действовать в реальных, приближенных к условиям современного общевойскового боя или практической деятельности в армии.

Тогда система контроля должна содержать задания, пробы, задачи практико-ориентированного, творческого характера. В этом случае теоретические знания будут служить сущностью для работы с этими заданиями.

Все это подтверждает необходимость обновления компетенций в военном учебном центре гражданских вузов в части, особенно в идеологии, содержании, технологии.

Основная цель вышеизложенного: получение обновленного образования, адекватного современным требованиям.

Идеологическая составляющая представляет собой определение цели и результата подготовки военного специалиста. Цель:

- воспитание гражданина, искренне озабоченного судьбой России, человека патриота, обладающего высокой духовно-нравственной ориентацией;
- подготовка офицера, владеющего современными теоретическими знаниями психологии воина, умеющего воспитывать его и взаимодействовать с ним;
- подготовка военного специалиста, способного видеть основное направление в системе современного знания и культурной практики;
- формирование профессионально-компетентной и культурной личности.

И как результат выполнения этих целей – формирование военнослужащего, ценностными установками которого будут:

- способность свободно ориентироваться в сложных и быстро меняющихся социокультурных условиях;
- умение работать в исследовательском режиме по отношению к собственной деятельности;
- приоритет личностного развития каждого воина;
- высокая коммуникативная культура.

Обновление содержания и технологии профессиональной подготовки будущего военного специалиста требует пересмотра некоторых основ.

На смену информационному подходу, при котором главное – передача знаний, сведений, интеллектуальных конструкторов, должен прийти информационно-деятельностный подход, при котором студент обучается способам получения военных знаний, профессиональных навыков и умений, погружается в реальную деятельность по овладению соответствующими способами и технологиями.

Репродуктивные формы работы студентов на всех этапах учебного процесса необходимо дополнить творческими формами.

Ситуацию, когда инициатива полностью принадлежит преподавателю в части отбора изучаемого содержания, выбора способов обучения, способов оценивания, в выборе темпа и форм обучения, перевести в режим равной инициативы педагогов и студентов.

- позицию военного педагога, как основного транслятора знаний, в условиях глобальной информатизации сменить на позицию соорганизатора, координатора знаний, оформителя их системности и целостности;
- подготовку будущего офицера запаса для работы в стабильных условиях необходимым образом дополнить подготовкой к работе в вариативных режимах;
- подготовку специалиста для работы в сложных условиях. Реализация подготовки специалиста на данных основаниях позволит подготовить военнослужащего в соответствии с требованиями сегодняшнего дня.

Подготовка специалиста для армии в большей степени направлена на формирование ценностей-знаний и ценностей-качеств. И практически не отражает значимости формирования ценностей-отношений, ценностей-средств, ценностей-целей. Это приводит к возникновению противоречия. С одной стороны, система гражданского образования все в большей степени ориентируется на общечеловеческие ценности, формирование у студентов ценностного сознания, ценностного отношения, ценностного поведения. С другой – традиционные подходы к профессиональной подготовке будущего офицера Российской армии.

Разрешение противоречия возможно, если содержание профессиональной подготовки будет направлено на формирование у студентов этих ценностей и неразрывной взаимосвязи я – профессионального и я – личностного.

Содержательный аспект профессиональной подготовки включает:

- общекультурную подготовленность;
- предметную подготовленность;
- психолого-специальную подготовленность.

Общекультурная – это, не преподавание особых дисциплин, а результат общих усилий всех преподавателей, чья деятельность, так или иначе, связана с трансляцией различных форм культуры. Дисциплины, которые входят в так называемый «общекультурный блок», призваны обеспечить подготовку не только будущего специалиста, но человека, вписывающегося в сегодняшнее общество, владеющего знаниями, необходимыми для оптимальной жизнедеятельности в современных условиях.

В основе предметной подготовленности должен лежать принцип фундаментальности, предполагающий научно-теоретическую основательность, раскрытие и освоение фундаментальных теорий, законов, принципов и понятий, отражающих современное состояние военной и гражданской науки. Вместе с тем фундаментальность предметной подготовки должна быть сопряжена с практической ориентированностью.

Психологическая подготовленность должна обеспечить будущим специалистам понимание сущности личностно-ориентированного подхода и, как следствие, необходимости и целесообразности его осуществления в образовательной практике; должна вооружить студентов конкретными способами реализации этого подхода в процессе практической деятельности.

Смена ценностных ориентаций в обществе или их потеря вообще привели к ослаблению подготовки будущих запасников в воспитательной подготовке. В настоящее время становится очевидной необходимость подготовки студентов к воспитанию патриотов, граждан правового, демократического государства, обладающих достаточным уровнем культуры, имеющих нравственные принципы.

Повышается значимость подготовки будущего офицера, осознающего ответственность перед личностью подчиненного, готового помочь в самоопределении, саморазвитии данной личности в современных условиях.

Что касается инновационной методики и педагогики, то она должна, в первую очередь, ориентироваться на знание студентами критериев новизны в процессе обучения, на сформированность у выпускников военного учебного центра аналитических и прогностических умений, на знание ими опыта творческой и практической деятельности армейских подразделений.

Такой подход позволит выпускникам военного учебного центра не только ориентироваться в процессах, имеющих место в действующей армии, но и перестраиваться в соответствии с меняющейся политикой государства и в свете проводимых реформ.

Список использованных источников

1. Приказ Министра обороны РФ от 26.08.2020 N 400 Об определении Порядка приема и обучения граждан Российской Федерации в военных учебных центрах при федеральных государственных образовательных организациях высшего образования.
2. Волков С.В. Русский офицерский корпус. – Москва: Центрполиграф. 2003. 412 с.
3. Пестов В.А., Дробот И.С. Некоторые особенности развития военного образования в России в XVII — начале XX века // Военно-исторический журнал Министерство обороны РФ, 2014. [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://historv.milportal.ru/nekotorve-osobennosti-razvitiYa-voennogo-obrazovaniYa-v-rossii-v-xvii-nachale-xx-veka/ (дата обращения: 08.02.2023).

УДК 623.9

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ВОЗВРАЩАЕМЫХ БПЛА

Зайнуллина В.Л.[1] *(студент)*, ***Бутко В.В.***[1]

[1]*Университет ИТМО*

e-mail: vvbutko@itmo.ru

В работе рассмотрен анализ основных областей применения возвращаемых беспилотных летательных аппаратов. Рассмотрены различные области применения, а также рассмотрена и разобрана одна из схем посадки и/или возвращения на место старта. Приведены расчеты и выявлены характеристики, которые в наибольшей степени будут влиять на площадь купола парашюта.

Ключевые слова
Анализ, возвращаемый беспилотник, беспилотный летательный аппарат, область применения, место применения.

В статье представлены результаты анализа возвращаемых беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) и направления применения данных беспилотников.

Результатом будет представлена модель расчета одного из способов возвращения беспилотного летательного аппарата – система парашютирования.

С начала 90-х годов XX столетия в мире начал происходить стремительный интерес к разработке комплексов с беспилотными летательными аппаратами. Изначально этот интерес проявлялся больше в отрасли ОПК для военного предназначения. Там беспилотники приобрели названия барражирующие боеприпасы (ББ) или «дроны-камикадзе». Они представляли собой беспилотные летательные аппараты, способные барражировать заданное время в воздухе для нахождения цели и пикирования с дальнейшим уничтожением её путём совершения атаки и подрывом боевой части. Израиль стал первой страной, которая поставила на вооружение свои дроны, а также она до сих пор является ведущей страной-производителем данных дронов. В настоящее время дроны-камикадзе прогрессируют в развитии и для их разработки и модернизации используются современные технологии. К примеру, в начале 00-х ББ имели электрический двигатель, обладали достаточно тяжелой массой, большую часть которой занимал источник движения (батарея) и система управления, меньшую её составляющую занимала боевая часть (БЧ). Конструкции были неудобны в транспортировке, так как имели большие крылья, и перевозка дронов доставляла очень много неудобств.

Так как весь мир не стоит на месте в плане развития технологий, было принято решение, чтобы сделать дроны-камикадзе более удобными в транспортировке и увеличить их спектр применения. Стали активно разрабатывать новые и современные конструкции БПЛА. У многих беспилотников появилась возможность складывать крылья, чтобы облегчить условия перевоза, а также возможность собирать данные дроны на месте запуска. В разработке было рассмотрено применения различных боевых частей в зависимости от степени бронирования цели. Так как в большинстве случаев объектами поражения для ББ были слабозащищенная техника и живая сила, то вопрос стал о том, чтобы попробовать использовать барражирующие боеприпасы для более защищенных целей. Но на данный момент времени серийного производства таких беспилотников нет, а единичные случаи остаются лишь единичными. После создания беспилотников переходят в режим разработки БПЛА различных компоновочных схем. Начали варьировать различные варианты боевых частей с применением различных двигательных установок. Одним из таких примеров анализа применения беспилотного летательного аппарата является дипломная работа [1]. В ней рассматривается применение барражирующего боеприпаса с воздушно-реактивным двигателем (ВРД) и осколочно-фугасной боевой частью для поражения слабозащищенных малоразмерных наземных целей и живой силе.

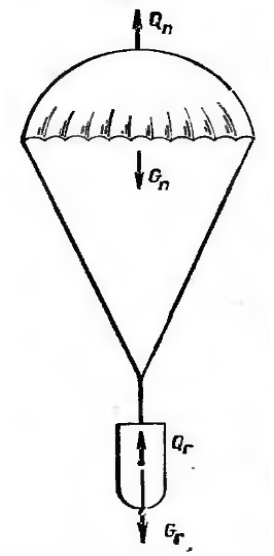


Рисунок. Вертикальная схема снижения

Актуальность и возможность применения данной работы заключается в применении ВРД для ББ, так как в настоящее время данных боеприпасов с таким двигателем ещё нет. Одним из недостатков ББ с ВРД является невозможность возвращения летательного аппарата на место старта либо на любое удобное место для посадки. Поэтому следует рассмотреть вариант компоновки возвращаемого беспилотного летательного аппарата.

Так, одним из способов возвращения летательного аппарата (ЛА) является система парашютирования. В конкретном случае посадка будет осуществляться следующим образом: происходит остановка двигателя, совершается предполетный маневр и начинается посадка с помощью парашютной системы. После снижения скорости БПЛА выстреливает посадочный парашют, который переводит БПЛА в режим вертикального снижения.

Беспилотник переводится в горизонтальное положение и снижается на парашюте до момента касания земли демпфирующего устройства. Ниже будет рассмотрено вертикальное снижения БПЛА, а именно расчет площади купола [2].

Силу тяжести ($G_{\text{сист}}$) и силу ее лобового сопротивления ($Q_{\text{сист}}$) представим как:

$$G_{\text{сист}} = G_{\text{г}} + G_{\text{п}}\,, \tag{1}$$

$$Q_{\text{сист}} = Q_{\text{г}} + Q_{\text{п}}. \tag{2}$$

Для равномерного движения $G_{\text{сист}} = Q_{\text{сист}}$, отсюда

$$G_{\text{сист}} = \frac{\rho v_{\text{сн}}^2}{2} + (CF + C_{\text{п}}F_{\text{п}}), \tag{3}$$

где $F_{\text{п}}$ – площадь купола; $C_{\text{п}}$ – коэффициент сопротивления парашюта.

Отсюда установившаяся скорость системы на высоте с плотностью воздуха ρ будет

$$V_{\text{сн}} = \sqrt{\frac{2G_{\text{сист}}}{\rho(CF+C_{\text{п}}F_{\text{п}})}}\,. \tag{4}$$

Вблизи земли в условиях стандартной атмосферы вертикальная установившаяся скорость приземления системы:

$$V_{\text{пр}} = \sqrt{\frac{2*8G_{\text{сист}}}{10(CF+C_{\text{п}}F_{\text{п}})}} = 4\sqrt{\frac{G_{\text{сист}}}{10(CF+C_{\text{п}}F_{\text{п}})}}\,. \tag{5}$$

Изменяя площадь купола парашюта, изменяется поперечная нагрузка, а следовательно, и скорость приземления, тогда из (5) следует, что:

$$F_{\text{п}} = \frac{16G_{\text{сист}}}{10C_{\text{п}}v_{\text{пр}}^2} - \frac{C}{C_{\text{п}}}F. \tag{6}$$

Данная формула показывает зависимость площади купола парашюта от массы системы, скорости приземления и коэффициента лобового сопротивления купола парашюта $C_{\text{п}}$.Для определения конечных цифр площади купола парашюта нам необходимо выбрать нужную нам скорость приземления для БПЛА заданной массы, при уже раннее известных C, $C_{\text{п}}$, F. Также одним из важных составляющих возвращаемых БПЛА является двигательная установка. Для экономичности и простоты в реализации в беспилотниках используются электрические двигатели.

Важно отметить, что БПЛА, имеющие функцию возвращения и/или возможности приземлиться на любое удобное место, зачастую используются в качестве разведывательных летательных аппаратов. Они предназначены для ведения наблюдения за протяженными локальными объектами в труднодоступной местности, в том числе поисковых и ремонтных работ [3].

Следующим местом применения беспилотных летательных аппаратов является служба МЧС [4]. В настоящее время в системе МЧС на оснащении подразделений находится примерно 2000 беспилотников различного типа. Они предназначены для мониторинга оперативной обстановки с радиусом действий в несколько километров. У многих беспилотников имеется в наличии функция видеосъемки, которая позволяет транслировать обзорную картину в состоянии зависания или панорамной съемки. Беспилотники также могут производить сканирование местности по заданному маршруту.

Также разведывательные беспилотные летательные аппараты могут использоваться для видения более длительного мониторинга. Например, это могут быть пожароопасные ситуации, в том числе разведка очагов природных и техногенных пожаров, паводковые и ледовые обстановки. Помимо ледовой обстановки может осуществляться контроль надводной обстановки. Воздушная разведка путей выдвижения оперативных групп и спасательных подразделений, определение путей эвакуации населения и пострадавших из зоны чрезвычайной ситуации (ЧС). Имеется возможность ведения радиотехнической разведки для выявления абонентских терминалов сотовой и спутниковой связи, установления их местонахождения при выполнении поисковых работ. Разведывательные беспилотники используют для аэрофотосъемки заданных районов с последующей топографической привязкой фотоснимков для построения ортофотопланов заданных районов, создания трехмерных моделей местности для требуемого объекта, а также видео-фото документирование объектов контроля для получения обзорных и детальных изображений.

Также возвращаемые БПЛА подразделяются на специальные и транспортные беспилотники.

Под специальными имеется в виду обеспечение связи и ретрансляции данных, оповещения населения об угрозе возникновения ЧС и проведении замеров в районе химических и радиационных аварий.

Транспортные БПЛА служат для транспортировки малогабаритных грузов, это могут быть, как и индивидуальные средства спасения, медицинские аптечки и т. п., так и доставка еды и небольших посылок (это используется больше в гражданских интересах) в назначенное место.

Подводя итоги, можно отметить, что возвращаемые беспилотные летательные аппараты набирают всё большую популярность и используются не только в военных целях, но и в гражданской промышленности. Перечисленные в данной статье области применения БПЛА не ограничиваются текущим списком, поэтому рост такой продукции будет только набирать обороты и находить применение себе в новых различных отраслях.

Список использованных источников

1. Зайнуллина В.Л. Оптимизация траектории барражирующего боеприпаса с воздушно-реактивным двигателем // Выпускная квалификационная работа. – БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова 2022.
2. Афонин П.М., Чернобровкин Л.С., Голубев И.С., Колотков Н.И. Беспилотные летательные аппараты. [Учеб. пособие для техн. вузов и фак.] Под ред. канд. техн. наук доц. Л. С. Чернобровкина. - Москва: Машиностроение. 1967. 439 с.
3. Герасименко И.А. Воздушно-десантная подготовка. Часть 1. Парашютно-десантные средства, их подготовка и десантирование личного состава (грузов). Москва, военное издательство. 1986. 408 с.
4. Беспилотники – Авиация – МЧС России. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://mchs.gov.ru/ministerstvo/uchrezhdeniya-mchs-rossii/spasatelnye-podrazdeleniya/aviaciya/bespilotniki (дата обращения: 14.01.2023).

УДК 001.4;37.02

ФОРМУЛИРОВАНИЕ ТЕРМИНОВ И ПОНЯТИЙ

***Гавриш В.М.*[1], *Елесин Т.С.*[1], *Яковлев А.Д.*[1]**

[1]*Университет ИТМО*

e-mail: adiakovlev@itmo.ru

В работе рассмотрен анализ терминов, понятий и определений, а также важность применения корректных данных элементов в образовании.

Ключевые слова
Термин, понятие, понятийный аппарат, определение, метод, методология.

Область информационных технологий (ИТ) и информационной безопасности (ИБ) быстро развивается и соответственно появляются новые средства и процессы, которые необходимо формулировать.

Формулирование терминов, понятий и определений – процесс трудный. Для этого необходимо чётко и ясно понимать процесс, явление и потом понятно и лаконично изложить.

Нормативные правовые документы, как правило, в статье [2] дают термины, которые в данном документе используются. Некоторые документы используют терминологию, применяемую в предыдущем документе со сноской на него, но бывает, что одинаковые термины и понятия расходятся в определении и существенно.

Сборники и словари терминов по ИБ выходят редко, но они не всегда дают варианты термина по разным источникам или также дают разную трактовку.

Особенно актуален вопрос чёткости формулирования терминов, понятий и определений для разработки методик измерений и проверок.

Для этого можно поставить вопросы:

1. В чём сущность?
2. Какова «единица» анализа?
3. Какова структура?
4. Что является содержанием?
5. Каковы этапы формирования системы?

Рассмотрим некоторые наблюдения по данной теме.

При изучении опасной по ПЭМИ зоне 2 (R2) имеются такие определения:

- пространство вокруг технического средства (ТС), в пределах которого отношение опасный сигнал/помеха для составляющих напряженности электромагнитного поля превышает допустимое нормированное значение [1];
- пространство вокруг ТС, на границе и за пределами которого напряжённость электромагнитного поля не превышает допустимого (нормированного) значения [2].

Так во втором случае получается изложение термина как бы от противного, и эта зона была понята и нарисована как от границы зоны в бесконечность от ТС.

В данном случае применение альтернативной трактовки может полностью перевернуть представление о рассматриваемом термине.

Вопросы возникли при рассмотрении и такого аспекта по технической защите информации как заземление ТС. В просмотренной литературе конкретно указывается, что от ТС заземляющий провод к шине заземления должен быть изолированным и без всяких «почему» (рис. 1). А вот в древних трактатах указывается, что данный провод обязательно должен быть без изоляции для визуального контроля целостности – под изоляцией разрыва не видно.

Рис. 1. Заземление системного блока

Прояснение этого вопроса был даже в просмотре форумов с надеждой поиска ответа на «почему», но диалог уходил в «а сено – чистый клевер».

Такая трактовка используется и в других учебных пособиях. Напоминает байку, когда руководитель послал молодого сотрудника переписывать тексты с уже переписанных. Но если в текст вкралась ошибка, то это будет распространяться на последующие тексты.

Этими сомнениями сотрудник поделился с руководителем и тот ушёл в архив сверяться с первоисточником. Нашли его в полном пессимизме – переписывали «celibate» вместо исходного «celebrate».

Другой способ анализа терминов – применение понятий «множества – подмножества». При изучении терминов и понятий по криптографии и пользовании классификацией криптографических методов преобразования информации по приведенной схеме [3] (рис. 2) получается, что термины «шифрование» и «кодирование» – два одноранговых независимых множества.

Рис. 2. Фрагмент классификации криптографических методов преобразования информации

Такая схема классификации криптографических методов стала использоваться в других учебных пособиях по данной тематике. По другому источнику термин «шифрование» является подмножеством «кодирование» (примитивное кодирование используется также в целях шифрования) (рис. 3) [4]. В целом это не критично, но необходимо для точности формирования структуры изучаемой дисциплины.

Рис. 3. Фрагмент классификации методов кодирования

Применим тот же способ анализа близких по смыслу терминов. Так разбор терминов «автоматизированная система» (АС) и информационная система (ИС) по одним словарям предполагает, что ИС является подмножеством АС, а по другим по параметру «автоматизация» – АС является подмножеством ИС. Несмотря на такое расхождение, принято считать, что АС и ИС одно и то же.

Интересен термин «прошивка», которому даётся определение [5], но не проясняет как связано программирование с шитьём, и многие специалисты не знают. Термин исторически оказался стойким. А вот термин «Winchester» (рис. 4) всё реже встречается в литературе.

Рис. 4. «Winchester .30-30»

В итоге получается, что чёткость и ясность определений используемых терминов позволяет формировать понятную структуру изучаемой дисциплины, а для этого необходимо периодически публиковать обновленные словари, основанные на официальных документах.

Список использованных источников

1. Словарь терминов и определений в области информационной безопасности. М.: Научно-исследовательский центр информационной безопасности Военной академии Генерального Штаба Вооруженных Сил Российской Федерации. 2008. 256 с.
2. Хорев А.А. Техническая защита информации: учеб. пособие для студентов вузов. В 3 т. Т. 1. Технические каналы утечки информации. – М.: НПЦ «Аналитика». 2008. 436 с.
3. Герасименко В.А., Малюк А.А. Основы защиты информации: Учеб. для студентов вузов обучающихся по спец. «Организация и технология защиты информации» / Московский государственный инженерно-физический институт (технический университет). – М.: 1997. 537 с.
4. Теория электрической связи: Учебник для вузов / А.Г. Зюко, Д.Д. Кловский, В.И. Коржик, М. В. Назаров; под ред. Д.Д. Кловского. – М.: Радио и связь. 1999. 432 с.
5. Национальный стандарт РФ ГОСТ Р 57429–2017 «Судебная компьютерно-техническая экспертиза. Термины и определения" (утв. и введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 28 марта 2017 г. N 198-ст).

Оглавление

Безопасность информационных технологий 6

Гаврилова В.В.
РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОБНАРУЖЕНИЯ ЛОЖНЫХ НОВОСТЕЙ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ТЕКСТОВ И МУЛЬТИМЕДИА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОЛЛАБОРАТИВНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ 7

Малков А.В., Лихтенберг А.М.
ОБЗОР РЕШЕНИЙ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ КВАНТОВЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ 10

Чернов Р.И., Горошков В.А., Островский Д.П., Фан А.З.
РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ИССЛЕДОВАНИЯ ОПТОЭЛЕКТРОННЫХ ЛИНИЙ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ 13

Системы управления и роботехника, программная инженерия и компьютерная техника 17

Архарова М.В., Арбузина А.А., Гостев М.В.
МОДЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НАГРУЗОК НА НАКОПИТЕЛЬ ЭНЕРГИИ В СИСТЕМЕ «ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ-ДВИГАТЕЛЬ ПОСТОЯННОГО ТОКА С АККУМУЛЯТОРНОЙ БАТАРЕЕЙ» 18

Басова Т.В.
РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ ЦИКЛОВ ИЗМЕРЕНИЙ ЗАГОТОВОК И РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА НА ОБОРУДОВАНИИ С ЧПУ 22

Бахта В.В.
ОРГАНИЗАЦИЯ СКВОЗНОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА НА ПРИБОРОСТОИТЕЛЬНОМ ПРЕДПРИЯТИИ 26

Бетеня Д.С.
УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПОМОЩИ СЛАБОВИДЯЩИМ ЛЮДЯМ НА БАЗЕ ТЕХНОЛОГИИ EDGE AI 29

Власова М.А., Шевченко А.Н.
МЕТОД НАХОЖДЕНИЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО КОЭФФИЦИЕНТА ЭКРАНИРОВАНИЯ ЭКРАНОВ НАВИГАЦИОННЫХ ПРИБОРОВ 32

Голубев А.К., Куровский А.М., Живицкий А.Ю., Захаров Д.Н.
ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЯМИ ПОСТОЯННОГО ТОКА 37

Горнов А.М.
ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРА И ПРИЧИН ВОЗНИКНОВЕНИЯ ДЕФЕКТОВ В ТОНКОСТЕННЫХ ГЕРМЕТИЧНЫХ ИЗДЕЛИЯХ ИЗ СПЛАВА АМГ6 42

Давыдова Т.В., Меженин А.В.
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ОБЛАКОВ ТОЧЕК НА ОСНОВЕ АЛГОРИТМОВ ПРОРЕЖИВАНИЯ 46

Демидова А.И.
СОВМЕСТНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ VR-ТРЕНАЖЁРА КОГНИТИВНЫХ СПОСОБНОСТЕЙ И НЕЙРОМЕТАБОЛИЧЕСКОГО СТИМУЛЯТОРА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КОГНИТИВНЫХ СПОСОБНОСТЕЙ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ 51

Домницкий Е.А.
РАЗРАБОТКА МЕТОДА ПЕРЕХВАТА И ПОДМЕНЫ ВИДЕОПОТОКА В СИСТЕМАХ IP-ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ 54

Емельянова Е.Г.
ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНТЕРФЕЙСОВ ДЛЯ ОТСЛЕЖИВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЗДОРОВЬЯ 58

Завитаев А.С., Евстифеев М.И.
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЯДЕРНОГО МАГНИТНОГО ГИРОСКОПА 62

Иманзаде Ф.Р.
СИМУЛЯТОР ТРАНСПОРТНОГО ДВИЖЕНИЯ ДЛЯ ТЕСТИРОВАНИЯ ПЛАТФОРМЫ ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ (IOT) И АНАЛИЗА ЛОГИСТИЧЕСКОГО ПОДХОДА 65

Климова Е.Н.
ИССЛЕДОВАНИЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОГО ГИРОСКОПА К МАГНИТНОМУ ПОЛЮ 68

Кошечкин Д.М., Меженин А.В.
ПРОГРАММНАЯ ПОСТОБРАБОТКА ИГРОВЫХ ЛОКАЦИЙ В СТИЛЕ ИМПРЕССИОНИЗМ В UNREAL ENGINE 71

Кузиванов Д.О., Степанова К.А., Ковалевич А.С.
РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ ПРИ ДЕФЕКТООБРАЗОВАНИИ В ПРОЦЕССЕ ПРЯМОЙ ЛАЗЕРНОЙ НАПЛАВКИ 76

Кузьминов И.И., Галашева Е.Д., Белимова П.А.
ЮЗАБИЛИТИ ТЕСТИРОВАНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ГРАФИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА ПО ХИМИИ 81

Левин Ф.Н
МЕТОДИКА РАЗРАБОТКИ СТРУКТУРЫ ИЗДЕЛИЯ В ПО ЛОЦМАН:PLM 86

Мажекенова С.А.
СРАВНЕНИЕ ИНТЕРФЕЙСОВ ДЛЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ELECTROSENS И PSTRACE 90

Малькив А.О., Балканский А.А.
РЕДИЗАЙН СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ПРОХОЖДЕНИЯ ДИСТАНЦИОННЫХ ЭКЗАМЕНОВ ITMOPROCTOR 94

Меженин А.В.
ОЦЕНКА ОСВЕЩЕННОСТИ 3D СЦЕН НА ОСНОВЕ СРАВНЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ КАРТ 98

Милантьев С.А., Бессмертный И.А.
АНАЛИЗ КОЖНЫХ ПОРАЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛИ ВАЛИДАЦИИ ВХОДНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ 105

Муратов С.Ю.
АРХИТЕКТУРА ФРЕЙМВОРКА ЗАЩИЩЁННОГО ОЗЕРА БОЛЬШИХ ДАННЫХ 112

Неснова М.В.
СИСТЕМА ПРЕДИКТИВНОЙ ДИАГНОСТИКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ СУДОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ОСНОВЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ 118

Перевозчикова Е.И.
МОДЕРНИЗАЦИЯ ДАТЧИКА ТЕПЛОВОГО ПОТОКА 123

Прокофьев К.В.
РУССКОЯЗЫЧНАЯ СИСТЕМА ВЁРСТКИ НАУЧНЫХ СТАТЕЙ И ДОКУМЕНТОВ 127

Рванова Л.
МУЛЬТИМОДАЛЬНЫЕ ГЕНЕРАТИВНЫЕ НЕЙРОННЫЕ СЕТИ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ГЕНЕРАЦИИ ОТВЕТОВ НА STACK OVERFLOW 133

Рыбников В.Р.
МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПРАВИЛ И АЛГОРИТМЫ ВЫБОРА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ БАЗ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В САПР ТП 137

Рябко В.В.
ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНТЕРФЕЙСОВ ДЛЯ ОТСЛЕЖИВАНИЯ И НОРМАЛИЗАЦИИ СНА 141

Сеитова А.Р., Волосюк А.А.
ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АВАРИЙНО-ПРЕДУПРЕДИТЕЛЬНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ ДЛЯ СИСТЕМЫ УДАЛЕННОГО МОНИТОРИНГА СУДОВ 144

Смирнов С.Ю., Липатова С.И.
ИНТЕГРАЦИЯ АВТОПИЛОТА С СИСТЕМОЙ УПРАВЛЕНИЯ БПЛА 148

Смирнова О.М., Меженин А.В.
HDR-ИЗОБРАЖЕНИЯ В ФОТОГРАММЕТРИИ 152

Смоляков И.Ю.
АНАЛИЗ СЛОЖНОСТИ ГРАФА ЗНАНИЙ И ОЦЕНКИ НАДЁЖНОСТИ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ЗАДАЧИ ОБУЧЕНИЯ С ПОДКРЕПЛЕНИЕМ 157

Suleiman L.
MODEL PREDICTIVE CONTROL FOR ADAPTIVE CRUISE CONTROL SYSTEM 161

Темирбеков А.
ОСОБЕННОСТИ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ ПРОЦЕССАМИ 168

Фирюлин Д.Р.
ИССЛЕДОВАНИЕ СВЯЗИ АКУСТИЧЕСКИХ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СФЕРОПЛАСТИКОВ 171

Цебров А.В., Шадус М.А.
АНАЛИЗ ОБЪЕКТИВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА В ПРОЦЕССЕ ПРОСЛУШИВАНИЯ МУЗЫКАЛЬНЫХ КОМПОЗИЦИЙ 174

Шабанов К.А.
ОПИСАНИЕ И ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ НАДВОДНОГО СУДНА 178

Шафоростова Е.А., Смолин А.А.
АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНТЕРФЕЙСОВ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ В АВТОМОБИЛЬНОЙ СРЕДЕ 183

Шмаков А.М.
УЛЬТРАЗВУКОВОЙ КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА РАДИОПОГЛОЩАЮЩИХ ПОКРЫТИЙ 187

Щербаков В.А.
РАСПРЕДЕЛЁННОЕ ХРАНИЛИЩЕ ДАННЫХ СЕМАНТИЧЕСКОЙ СЕТИ 192

Фотоника и прикладная оптика 197

Григорьева О.А., Терещенко И.Б., Самсонов Д.С.
ХАРАКТЕРИЗАЦИЯ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЛОЕВ ЗАЩИТНОГО ПОКРЫТИЯ ВЫСОКООТРАЖАЮЩИХ ЗЕРКАЛ СИСТЕМЫ СБОРА ИЗЛУЧЕНИЯ ДИАГНОСТИКИ ТОМСОНОВСКОГО РАССЕЯНИЯ ИТЭР 198

Иванов В.С.
РАЗРАБОТКА НОВЫХ ПОДХОДОВ К СИНТЕЗУ И МЕТОДОВ ПАССИВАЦИИ ГАЛОГЕНИДНОГО ПЕРОВСКИТА ДЛЯ СОЗДАНИЯ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ 203

Комаров А.В.
ПРЯМАЯ ЗАДАЧА МОДЕЛИРОВАНИЯ GFF ФИЛЬТРА ДЛЯ ЭРБИЕВОГО УСИЛИТЕЛЯ 207

Круглов А.В., Афанасьев М.Я.
ИССЛЕДОВАНИЕ ВХОДНЫХ ДАННЫХ МЗ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА СКОРОСТЬ РАБОТЫ СИСТЕМЫ 211

Кузнецов В.Н., Васильев А.С., Мухтубаев А. Б., Гармаев А.Т., Виссарионова Е.С., Сычев Н.А.
РАЗРАБОТКА ЛИНЕЙНОГО ЭНКОДЕРА СУБМИКРОННОЙ ТОЧНОСТИ 214

Леонидова А.А.
РАЗРАБОТКА ЭТАЛОНОВ ДЛЯ АНАЛИЗА ДРЕВНЕРУССКИХ СВИНЦОВО-СИЛИКАТНЫХ СТЕКОЛ 219

Летова Е.Ю.
РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ ДЛЯ АНАЛИЗА КАЧЕСТВА ИЗОБРАЖЕНИЯ И ЕЁ ИНТЕГРАЦИЯ В ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС КОНТРОЛЯ ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ 223

Панурченко В.П., Тиманкова Ю.А., Искра К.В.
СИЛА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ, ВЫЗВАННАЯ РЕЗОНАНСНЫМИ ЭФФЕКТАМИ В СВЧ ОБЛАСТИ 227

Тарабрина А.Д.
ОПТИМИЗАЦИЯ СПЕКТРАЛЬНОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ КВАНТОВЫХ КАНАЛОВ И ИНФОРМАЦИОННЫХ КАНАЛОВ ОПТИЧЕСКОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ 231

Шулакова Ю.В., Беликов А.В., Козлова А.Д., Минько В.С.
ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОПОРАЦИИ КОЖИ И АКТИВНОЙ ЛАЗЕРНОЙ ДОСТАВКИ ХЛОРИНСОДЕРЖАЩИХ ФОТОСЕНСИБИЛИЗИРУЮЩИХ ПРЕПАРАТОВ ИЗЛУЧЕНИЕМ С ДЛИНОЙ ВОЛНЫ 405 НМ 236

Трансляционные информационные технологии 240

Алексеевская А.А.
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЕТРА НА ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОБЩЕСТВЕННЫХ ПРОСТРАНСТВ 241

Бумагин Д.Г.
АНАЛИЗ ОПЫТА ПРИМЕНЕНИЯ СОУЧАСТВУЮЩЕГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ В ПЛАНИРОВАНИИ СИСТЕМ ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА 246

Двойникова А.А.
АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР МНОГОМОДАЛЬНЫХ КОРПУСОВ ДАННЫХ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ЭМОЦИЙ 251

Дравгелис В.А.
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ РАЗМЕТКИ КАРТЫ HI-C КОНТАКТОВ 257

Загальский Е.В., Милантьев С.А., Бессмертный И.А.
АНАЛИЗ ОПУХОЛЕЙ ГОЛОВНОГО МОЗГА ПО МУЛЬТИМОДАЛЬНЫМ МРТ-СНИМКАМ НА ОСНОВЕ 3D CNN И CNN-RNN МОДЕЛЕЙ 262

Зиманова Е.А.
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ НА РЫНКЕ CRM-СИСТЕМ ДЛЯ УЧЕБНЫХ ЯЗЫКОВЫХ ЦЕНТРОВ 267

Климова Д.А., Рослякова С.В.
ИНТЕГРАЦИЯ СМАРТ-УСТРОЙСТВ В СИСТЕМЫ АДАПТИВНОГО ОСВЕЩЕНИЯ 272

Копыть Н.М.
ПЛАНИРОВАНИЕ ПОРОДНОГО СОСТАВА ЗЕЛЕНЫХ НАСАЖДЕНИЙ НА УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ С УЧЕТОМ ПОПУЛЯЦИОННОГО ВЛИЯНИЯ ИНВАЗИВНЫХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ 275

Кощеев В.А.
РАЗРАБОТКА BI-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ ОТЧЕТНОСТИ КОМПАНИИ 282

Лавров И.О.
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ ТРАНСПОРТНОЙ СВЯЗНОСТИ СИСТЕМ РАССЕЛЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ГОРОДОВ-МИЛЛИОННИКОВ РФ 288

Малышева С.Е.
ПОДБОР ТИПОВЫХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ГОРОДСКОГО ОЗЕЛЕНЕНИЯ НА ОСНОВЕ ВЛИЯНИЯ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ 291

Мамашев З.Б.
РАЗРАБОТКА ГРАФИЧЕСКОГО ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ЗАПИСИ И АНАЛИЗА СИГНАЛОВ ЭКГ 296

Медников А.Ю.
ПРОБЛЕМАТИКА ПОСТАНОВКИ ЗАДАЧ АНАЛИТИКИ ДЛЯ ГОРОДСКОГО РАЗВИТИЯ 301

Натыкин М.В.
РАЗРАБОТКА МЕТОДА РАСЧЁТА ОСНОВНЫХ ОБЪЕМНО-ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ 306

Никитина М.М., Баженов А.Ю., Царёв Д.В.
ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ В СЛОЖНЫХ СЕТЯХ СВЯЗАННЫХ МИКРОРЕЗОНАТОРОВ 311

Панченко М.А.
ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ СБОРА И АНАЛИЗА ДАННЫХ В ЧАТ-БОТАХ ДЛЯ ТУРИСТИЧЕСКОЙ СФЕРЫ 315

Полонская Т.С.
АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПОСТРОЕНИЯ ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННЫХ ТУРИСТИЧЕСКИХ МАРШРУТОВ НА ОСНОВЕ НАИБОЛЕЕ ПОПУЛЯРНЫХ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ КРИТЕРИЕВ 319

Рюмина Е.В.
АВТОМАТИЧЕСКОЕ РАСПОЗНАВАНИЕ ЭМОЦИОНАЛЬНО ОКРАШЕННОЙ РЕЧИ ПО ВИДЕОИНФОРМАЦИИ 324

Сметанин А.А.
РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ВЫБОРА МОДЕЛЕЙ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ДВИЖУЩИХСЯ ОБЪЕКТОВ В ВИДЕОПОТОКЕ НА ОСНОВЕ ПРОДУКЦИОННЫХ ПРАВИЛ 330

Сома Г.М.
МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ЭМОЦИОНАЛЬНЫМ СОСТОЯНИЕМ ЧЕЛОВЕКА 334

Стариков В.А., Чурякова Т.А.
ЦЕННОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К МАСТЕР-ПЛАНИРОВАНИЮ 338

Сукачев П.П., Хлестунова С.Н.
ИССЛЕДОВАНИЕ МЕЖСЛОЙНЫХ ТРАНСФОРМАЦИЙ ПРИЗНАКОВОГО ПРОСТРАНСТВА НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ 342

Теплов П.А.
ПОСТРОЕНИЕ И АНАЛИЗ БАЙЕСОВСКИХ СЕТЕЙ В PYTHON ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ОБЛАСТИ ФИНАНСОВ 346

Фокина С.Г.
РЕИНЖИНИРИНГ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ВО ВРАЧЕБНОЙ ПРАКТИКЕ ВРАЧА СТАЦИОНАРА 351

Шаньгина Е.А.
ИССЛЕДОВАНИЕ ПОДХОДОВ К РЕШЕНИЮ ПРОБЛЕМЫ ДОМЕННОГО ОБОБЩЕНИЯ В ЗАДАЧЕ ПАССИВНОГО ЛИЦЕВОГО АНТИСПУФИНГА 356

Военный центр 361

Андреев С.Б., Громов А.В., Зиновьев В.В.
РОЛЬ ВОЕННОГО ОБРАЗОВАНИЯ В РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ РАЗВИТИЯ УНИВЕРСИТЕТА ИТМО 2030 362

Андреев С.Б., Громов А.В., Зиновьев В.В.
РАЗВИТИЕ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПОЛЕВОЙ УЧЕБНОЙ БАЗЫ ВОЕННОГО УЧЕБНОГО ЦЕНТРА ПРИ УНИВЕРСИТЕТЕ ИТМО 365

Гончаров А.Д., Мануйленко В. Г., Удин Е.Г.
ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ И ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ И ИХ РЕАЛИЗАЦИЯ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ ВОЕННЫХ УЧЕБНЫХ ЦЕНТРОВ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИХ ПОДГОТОВКУ ОФИЦЕРОВ ЗАПАСА 369

Зайнуллина В.Л., Бутко В.В.
АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ВОЗВРАЩАЕМЫХ БПЛА 373

Гавриш В.М., Елесин Т.С., Яковлев А.Д.
ФОРМУЛИРОВАНИЕ ТЕРМИНОВ И ПОНЯТИЙ 376

Альманах научных работ молодых ученых Университета ИТМО

Том 1

Редакционно-издательский отдел Университета ИТМО
Зав. РИО Н. Ф. Гусарова
Дизайн обложки отдел развития бренда Университета ИТМО

Вёрстка К.Д. Бутылкина
Подписано к печати 17.11.2023
Заказ № 4756 от 17.11.2023
Тираж 100 экз.
Печатается в авторской редакции

Отпечатано: Учреждение «Университетские коммуникации»
199034, Санкт-Петербург, В.О., Биржевая линия, 16

ISBN 978-5-7577-0694-8

9 785757 706948

Редакционно-издательский отдел Университета ИТМО

197101, Санкт-Петербург,
Кронверкский пр., д. 49, литер А