

Наукоемкие технологии в приборо - и машиностроении и развитие инновационной деятельности в вузе

Всероссийская научно - техническая конференция

(Калуга, 11–13 ноября 2025 года)

Материалы конференции

В двух томах

Том 2



Москва

ИЗДАТЕЛЬСТВО

МГТУ им. Н.Э. Баумана

2026

УДК 378:001.891
ББК 74.48:72
Н34

Издание доступно в электронном виде по адресу
<https://press.bmstu.ru/catalog/item/8562/>

Руководители оргкомитета конференции:

А.В. Полюлях (директор КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана),
Е.В. Вершинин (зам. директора по научной работе)

Оргкомитет конференции:

председатель оргкомитета *Е.В. Вершинин*,
ученый секретарь *В.В. Лебедев*

Члены оргкомитета:

Перерва О.Л., д-р экон. наук, профессор
Мазин А.В., д-р техн. наук, доцент
Рамазанов А.К., канд. физ.-мат. наук, доцент
Шафигуллина Т.В., канд. ист. наук, доцент
Анфилов К.Л., канд. хим. наук, доцент
Мальшев Е.Н., канд. техн. наук, доцент
Мельников Д.В., канд. техн. наук, доцент
Гагарин Ю.Е., канд. физ.-мат. наук, доцент
Пономарев А.И., канд. техн. наук, доцент

Витчук П.В., канд. техн. наук, доцент
Максимов А.В., канд. техн. наук, доцент
Сломинская Е.Н., канд. техн. наук, доцент
Труханов К.Ю., канд. техн. наук, доцент
Жинов А.А., канд. техн. наук, доцент
Пащенко В.Н., канд. техн. наук, доцент
Кусачева С.А., канд. биол. наук, доцент
Белова Е.В., канд. филол. наук, доцент

Н34

Наукоемкие технологии в приборо- и машиностроении и развитие инновационной деятельности в вузе : Всероссийская научно-техническая конференция (Калуга, 11–13 ноября 2025 года) : материалы конференции : в 2 т. / Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)». — Москва : Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2026.

ISBN 978-5-7038-6768-6
Т. 2. — 462, [2] с. : ил.
ISBN 978-5-7038-6863-8

В материалах Всероссийской научно-технической конференции представлены результаты научных исследований, выполненных учеными в течение ряда лет. Систематизированы материалы различных научных школ. Результатами научных исследований являются новые методы, вносящие вклад в развитие теории, а также прикладные задачи, воплощенные в конструкциях и материалах. Во второй том сборника вошли материалы секций 12–18.

УДК 378:001.891
ББК 74.48:72

Издается в авторской редакции.

ISBN 978-5-7038-6863-8 (т.21)
ISBN 978-5-7038-6768-6

© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2026
© Оформление. Издательство
МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2026

Секция 12. Проектирование программно - информационных систем

УДК 004.049

Анализ Seq2Seq моделей и метода выделения ключевых слов для генерации вопросов по входному тексту

Иванов Никита Владимирович

destira@mail.ru

Ильичев Владимир Юрьевич

ilychev.vyu@bmstu.ru

Вершинин Евгений Владимирович

vershinin@bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Статья посвящена описанию процесса и результатов сравнительного анализа двух подходов к автоматической генерации вопросов по исходному тексту, а именно Seq2Seq моделей и методов выделения ключевых слов. Сформулированы цель исследования, приведены краткие сведения об используемых подходах. Подобраны программные средства языка Python и библиотеки, позволяющие реализовать каждый из подходов. Разработаны программные реализации указанных подходов. Проведено экспериментальное исследование свойств генерации по лингвистическим и числовым метрикам. Выполнен анализ полученных результатов. Сделан вывод по использованию каждого из подходов.

Ключевые слова: генерация, Seq2Seq модели, выделение ключевых слов, сравнительный анализ, вопросы

Введение. В современном мире разработки приложений неотъемлемой частью практически каждого серьезного онлайн проекта стали внедрения ИИ в том или ином виде. Одной из тривиальных задач этой сферы является генерация вопросов по заданному тексту. Для реализации используют различные подходы, среди которых можно выделить метод выделения ключевых слов и Seq2Seq модели [1, 2].

Различные отрасли предъявляют к такой генерации большое количество всевозможных требований, поэтому разработчики постоянно сталкиваются с проблемой выбора того или иного подхода. В данной работе будет сделан упор на их сравнении.

Метод выделения ключевых слов — это лингвистический подход, который обеспечивает прямое извлечение именованных сущностей из текста с последующим преобразованием их в вопросы по заранее определенным шаблонам, что позволяет генерировать релевантные вопросы без обучения на больших данных и с минимальными вычислительными затратами.

Метод Seq2Seq (Sequence-to-Sequence) — это нейросетевой подход, который обеспечивает сквозное преобразование исходного текста в вопросы через архитектуру энкодер-декодер, что позволяет генерировать разнообразные и грамматически правильные вопросы на основе изученных языковых паттернов, но требует значительных вычислительных ресурсов и размеченных данных для обучения.

Каждое из двух решений имеет как свои плюсы, так и минусы, которые всегда зависят от конкретной реализации. В данной работе будут рассмотре-

ны и сравнены наиболее общие реализации генераторов вопросов с использованием метода выделения ключевых слов и Seq2Seq моделей.

Целью работы является сравнительный анализ двух подходов к генерации вопросов по исходному тексту.

Задачами работы являются реализация двух вариантов генераторов вопросов и сравнение результатов генерации, с целью выявления основных закономерностей.

Основная часть. В качестве программных средств разработки были выбраны язык программирования Python и соответствующие ему библиотеки, предназначенные для генерации вопросов по входному тексту.

Реализация генератора, использующего метод выделения ключевых слов. На первом этапе создания приложения была загружена предобученная модель анализа русского языка SpaCy [3]. Были заданы типы именованных сущностей, которые должны извлекаться из исходного текста. Использовались три вида сущностей PER, LOC, ORG: персона, локация и организация соответственно. А также с помощью библиотеки dataclass созданы структуры хранения результатов [4].

На втором этапе были созданы шаблоны будущих вопросов для каждой сущности. Например, вопросы для сущности PER:

```
"PER": ["Кто такой {entity}?",  
        "Что сделал {entity}?",  
        "Чем известен {entity}?",]
```

Далее был реализован алгоритм генерации вопросов по заданному тексту. С помощью SpaCy происходит обработка текста и выделение сущностей. Затем эти сущности разделяются по типу PER, LOC или ORG. После разделения происходит выбор определенного шаблона вопроса, соответствующего типу рассматриваемой сущности. Затем сущность подставляется в шаблон. Результатом являются шаблонный вопрос.

В качестве инструментов для сбора и обработки числовых метрик были выбраны библиотеки: NumPy и Time [5]. Time — встроенная библиотека Python, используется в программе для измерения временных метрик. NumPy была выбрана, так как она предоставляет удобный функционал для эффективного подсчета медианных и средних значений вычисляемых метрик.

В качестве исследуемых метрик были выбраны длина вопроса, измеряемая в словах, его среднее и медианное значение, а также число вопросов, генерируемое в секунду, среднее время, затрачиваемое на текст: время от получения текста до генерации вопросов, и среднее число вопросов, сгенерированное с помощью одного текста.

Реализация генератора, использующего Seq2Seq модель. Для реализации данного метода была выбрана библиотека для глубокого обучения PyTorch и предобученная модель для обработки естественного языка Transformers [6]. Для дообучения такого вида модели необходим большой объем данных. В качестве датасета использовался SberQuad — русскоязычный датасет для обучения и оценки моделей вопросно-ответных систем [7].

Работа с данным видом генерации происходила в несколько этапов, первый из которых формирование данных для обучения. Были созданы пары вида «контекст — вопрос». На втором этапе тексты были токенизированы. Далее основа системы — модель `gpt5-base` была дообучена на сформированных данных с использованием алгоритма оптимизации `AdamW` [8, 9]. Обучение происходило за один цикл.

Инструменты для сбора и обработки числовых метрик, библиотеки для отображения метрик и сами метрики были выбраны те же, что и в первом случае.

Тестирование происходило на 50 текстах длиной примерно в 50 слов.

Пример входного текста: «Python является интерпретируемым языком программирования высокого уровня с динамической типизацией. Он поддерживает несколько парадигм программирования, включая объектно-ориентированное, императивное и функциональное программирование. Язык обладает чистым и понятным синтаксисом, что делает его отличным выбором для начинающих программистов. Python широко используется в веб-разработке, научных исследованиях, анализе данных и искусственном интеллекте. Стандартная библиотека Python включает модули для работы с операционной системой, сетевых взаимодействий и обработки различных форматов данных».

Пример сгенерированных вопросов.

Метод ключевых слов: «Что такое Python?»

Seq2Seq: «Как называется интерпретируемый язык программирования высокого уровня с динамической типизацией?»

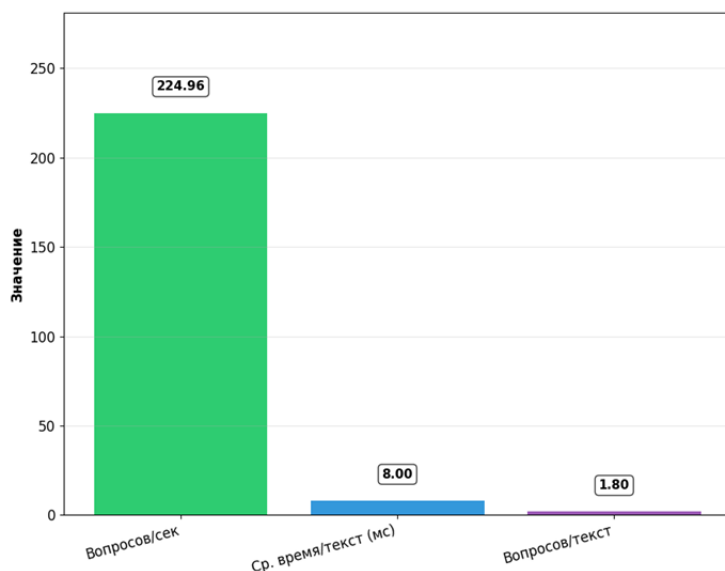


Рис. 1. Временные метрики, полученные при тестировании метода ключевых слов

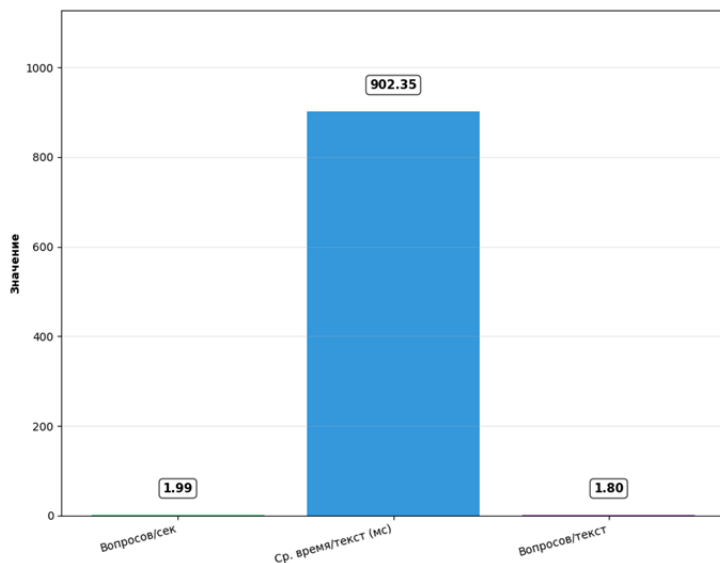


Рис. 2. Временные метрики, полученные при тестировании Seq2Seq

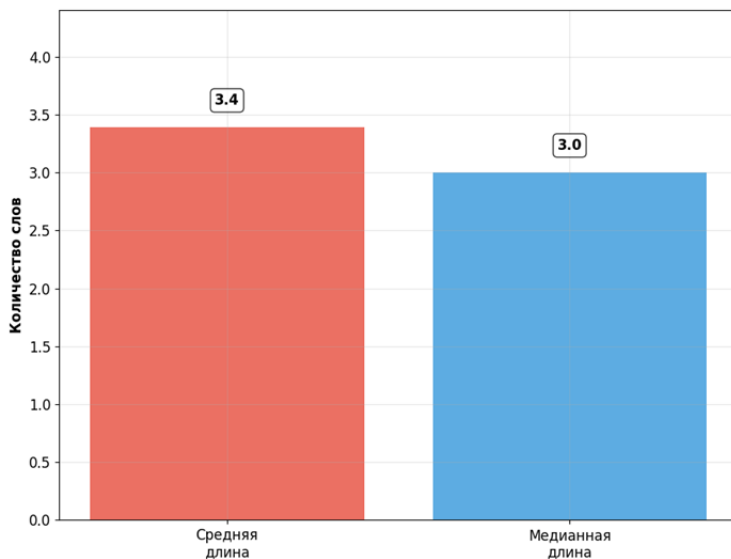


Рис. 3. Длина вопроса, полученная при тестировании метода ключевых слов

Закключение. Таким образом, можно сделать вывод, что цель данного исследования, заключающаяся в сравнительном подходе к генерации вопросов по исходному тексту, является полностью достигнутой. Реализованы два варианта генераторов вопросов. Проведено тестирование, результатом которого

являются графики зависимости метрик от конкретного метода. По результатам сравнения результатов, можно сказать, что более предпочтительным подходом с точки зрения лингвистического разнообразия является Seq2Seq, но при отсутствии больших серверных мощностей и низком требовании к разнообразию вопросов метод выделения ключевых слов также является приемлемым подходом.

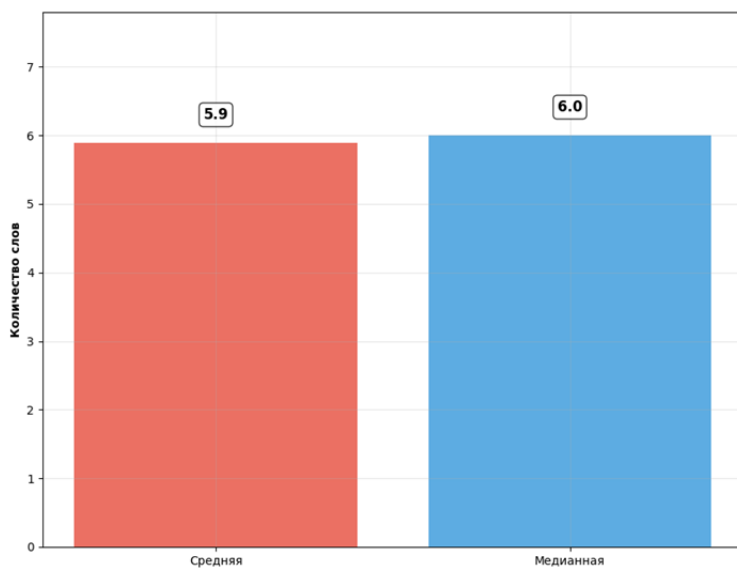


Рис. 4. Длина вопроса, полученная при тестировании Seq2Seq

Выявленный предпочтительный подход будет использован в выпускной квалификационной работе на тему «Платформа для ежедневного чтения книг с возможностью родительского контроля материалов, прогресса и контролем качества чтения» для генерации контрольных вопросов по прочитанному тексту.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- [1] *What is a sequence-to-sequence model?* URL: <https://milvus.io/ai-quick-reference/what-is-a-seq2seq-model> (accessed 13.10.2025).
- [2] *Keyword Extraction Methods in NLP*. URL: <https://www.geeksforgeeks.org/nlp/keyword-extraction-methods-in-nlp/> (accessed 13.10.2025).
- [3] Васильев Ю.В. *Обработка естественного языка. Python и сразу на практике*. Санкт-Петербург, Питер, 2021, 256 с.
- [4] *Python Standard Library. Dataclasses*. URL: <https://docs.python.org/3/library/dataclasses.html> (accessed 13.10.2025).
- [5] *What is numpy?* URL: <https://www.nvidia.com/en-us/glossary/numpy/> (accessed 13.10.2025).

- [6] *Pytorch: The Deep Learning Framework*. URL: <https://www.ultralytics.com/glossary/pytorch> (accessed 13.10.2025).
- [7] Kuznetsov A. *Sberquad — Russian Reading Comprehension Dataset*. URL: https://umc.urfu.ru/fileadmin/user_upload/site-25894/sberquad_CLEF.pdf (accessed 13.10.2025).
- [8] *Rut5-base model*. URL: <https://huggingface.co/ai-forever/rut5-base> (accessed 13.10.2025).
- [9] Adamw — *pytorch 2.7 documentation*. URL: <https://pytorch.org/docs/stable/generated/torch.optim.adamw.html> (accessed 13.10.2025).

Analysis of Seq2seq models and the keyword extraction method for generating questions and answers from the input text

Ivanov Nikita Vladimirovich

destira@mail.ru

Ilyichev Vladimir Yuryevich

ilychev.vyu@bmstu.ru

Vershinin Evgeny Vladimirovich

vershinin@bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

The article describes the process and results of a comparative analysis of two approaches to the automatic generation of questions and answers based on the original text, namely: Seq2Seq models and methods of keyword extraction. The purpose of the study is formulated, and brief information about the approaches used is provided. Python programming tools and libraries have been selected to implement each of the approaches. Software implementations of these approaches have been developed. An experimental study of the properties of generation using linguistic and numerical metrics has been conducted. The analysis of the obtained results is performed. A conclusion is drawn on the use of each of the approaches.

Keywords: *generation, Seq2Seq models, keyword extraction, comparative analysis, questions, answers*

УДК 004.932.2

Распознавание связной речи на жестовом языке в реальном времени: современные методы и проблемы

Самсонова Марина Александровна

samsonovama@student.bmstu.ru

Белов Юрий Сергеевич

ysbelov@bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Рассмотрены современные методы распознавания связной речи на жестовом языке в реальном времени. Представлены алгоритмы, основанные на сверточных и рекуррентных нейронных сетях, а также трансформерных архитектурах. Показано, что использование механизмов внимания и многомодальных данных позволяет повысить точность распознавания, но в то же время порождает проблемы высокой вычислительной сложности и необходимости больших корпусов обучающих данных. Сделаны выводы, что дальнейшее развитие систем реального времени требует балансировки между скоростью обработки и точностью распознавания, а также учета индивидуальных особенностей пользователей.

Ключевые слова: жестовый язык, связная речь, распознавание, реальное время

Автоматическое распознавание связной речи на жестовом языке в реальном времени является одной из наиболее сложных и перспективных задач в области компьютерного зрения и обработки естественных языков. В отличие от распознавания отдельных знаков, связная речь требует учета длительных временных зависимостей, неоднозначности движений и индивидуальных особенностей пользователей. Проблема осложняется тем, что жестовый язык обладает собственной грамматикой, которая не совпадает с устной речью, а также высокой вариативностью исполнения. В последние годы благодаря развитию глубокого обучения наблюдается значительный прогресс, однако задача по-прежнему остается далекой от окончательного решения [1].

Современные методы в основном базируются на использовании сверточных и рекуррентных нейронных сетей. Сверточные сети применяются для выделения пространственных признаков жестов из видеопотока, в то время как рекуррентные модели, включая LSTM и GRU, позволяют анализировать временную последовательность движений [2]. Этот подход доказал свою эффективность в задачах распознавания фраз, так как способен фиксировать динамику жестов на протяжении нескольких секунд. Однако рекуррентные сети обладают серьезными ограничениями: они плохо масштабируются при увеличении длины входных последовательностей и подвержены проблемам исчезающего и взрывающегося градиента. Кроме того, высокая вычислительная нагрузка делает их недостаточно эффективными для работы в системах реального времени, где задержка должна составлять доли секунды.

Значительный вклад в развитие области внесло применение архитектур трансформеров, которые показали высокую точность за счет использования

механизмов внимания. В отличие от рекуррентных моделей, трансформеры способны параллельно обрабатывать всю последовательность, что позволяет эффективно моделировать долгосрочные зависимости и контекст. Это особенно важно при распознавании длинных фраз и предложений жестового языка, где смысл зависит от комбинации нескольких последовательных движений [3]. Однако высокая вычислительная сложность трансформеров ограничивает их применение в мобильных и встроенных устройствах. В последние годы ведутся исследования по оптимизации таких архитектур, включая использование облегченных моделей и квантование весов для ускорения обработки.

Особое внимание уделяется интеграции многомодальных данных. Помимо традиционного видеопотока, включающего изображение рук и лица, активно применяются данные с камер глубины (RGB-D), которые позволяют учитывать трехмерное расположение жестов, а также сигналы от инерциальных сенсоров, фиксирующих микродвижения кистей и пальцев [4]. Такой подход повышает устойчивость систем к шуму и изменению условий освещения. Однако обработка многомодальных потоков данных требует значительных ресурсов, что снова подчеркивает необходимость оптимизации архитектур для обеспечения работы в реальном времени.

Одной из самых серьезных проблем является нехватка больших размеченных корпусов жестового языка, особенно на уровне связной речи. Если для отдельных знаков накоплено достаточное количество датасетов, то для предложений и диалогов ресурсы ограничены. Это мешает обучению моделей, способных к генерализации, и приводит к снижению точности при работе с новыми пользователями [5]. Создание и аннотирование больших корпусов связано с высокими затратами, так как требует участия носителей жестового языка и специалистов. Дополнительные трудности вызывает межличностная вариативность: разные люди могут исполнять один и тот же жест с разной амплитудой и скоростью, что требует адаптивных методов обучения.

Еще одной важной задачей является обеспечение низкой задержки обработки данных. В реальном времени даже задержка в 200–300 мс может существенно снижать комфорт работы пользователя. Для решения этой проблемы применяются методы оптимизации нейросетевых моделей, такие как прунинг, дистилляция знаний и специализированные аппаратные ускорители [6]. Эти подходы позволяют уменьшить вычислительные затраты без критического снижения точности.

Перспективы практического применения систем распознавания жестового языка в реальном времени связаны с их внедрением в автоматизированные системы перевода, образовательные технологии и сервисы доступности. Такие системы могут обеспечить глухим и слабослышащим людям более эффективное взаимодействие с окружающими, а также облегчить доступ к информации. В частности, интеграция алгоритмов в мобильные приложения и сервисы видеосвязи открывает возможности для синхронного перевода в онлайн-режиме. Однако для достижения этого уровня качества требуется дальнейшее совершенствование моделей, в том числе за счет объединения компьютерного зрения, обработки естественного языка и мультимодальных технологий.

В заключение можно отметить, что распознавание связной речи на жестовом языке в реальном времени является многоаспектной задачей, требующей сочетания передовых методов компьютерного зрения, обработки сигналов и оптимизации архитектур нейронных сетей. Современные исследования демонстрируют высокий потенциал применения трансформеров и многомодальных систем, однако для практического внедрения необходимо решение проблем вычислительной сложности, нехватки корпусов данных и межличностной вариативности жестов. Дальнейшее развитие в этом направлении позволит создать устойчивые и удобные системы синхронного перевода, способные существенно повысить доступность коммуникаций.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- [1] Camgoz N.C., Koller O., Hadfield S., Bowden R. Neural sign language translation. *Proceedings of the IEEE Conference on computer vision and pattern recognition (CVPR)*, 2018, pp. 7784–7793. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2018.00812>
- [2] Cui R., Liu H., Zhang C. A Recurrent convolutional neural network for continuous sign language recognition. *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 2019, pp. 7361–7370. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2019.00755>
- [3] Yin K., Read J., Cohn T. Better Sign language translation with transformers. *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, 2021, vol. 35(15), pp. 14200–14208. <https://doi.org/10.1609/aaai.v35i15.17632>
- [4] Duarte A., Palaskar S., Ventura L., Ghadiyaram D., DeHaan K., Metze F., Torres J. How2Sign: A Large-scale multimodal dataset for continuous american sign language. *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 2021, pp. 2735–2744. <https://doi.org/10.1109/CVPR46437.2021.00278>
- [5] Yin K., Cohn T. Sign language recognition with transformer self-attention. *Proceedings of the British Machine Vision Conference (BMVC)*, 2020, pp. 123–134.
- [6] Fan Z., Zhong Q., Wang Y., Zhang W. Continuous sign language recognition using attention-based neural networks. *IEEE Transactions on Multimedia*, 2020, vol. 22(7), pp. 1775–1786. <https://doi.org/10.1109/TMM.2019.2958912>

Real-time continuous sign language recognition: current methods and challenges

Samsonova Marina Aleksandrovna

samsonovama@student.bmstu.ru

Belov Yuri Sergeevich

ysbelov@bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

Modern methods for real-time continuous sign language recognition are considered. Algorithms based on convolutional and recurrent neural networks, as well as transformer architectures, are presented. It is shown that the use of attention mechanisms and multimodal data improves recognition accuracy but also creates challenges related to computational complexity and the need for large training datasets. Conclusions are made that further development of real-time systems requires balancing processing speed and recognition accuracy, as well as considering individual user characteristics.

Keywords: sign language, continuous speech, recognition, real-time

УДК 681.518.2

Сравнительный анализ методов устранения шумов в данных измерений уровня топлива на основе медианного фильтра и фильтра Савицкого — Голея

Мосолов Алексей Викторович

mosolovav@student.bmstu.ru

Гагарин Юрий Евгеньевич

gagarin_je@bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Рассмотрена проблема устранения шумов в данных измерений уровня топлива транспортных средств, вызванных вибрацией, неровностями дорожного покрытия и динамическими маневрами. Проведен сравнительный анализ двух методов цифровой фильтрации: медианного фильтра и фильтра Савицкого — Голея. Представлены результаты применения методов на реальных данных телематических систем с различными параметрами настройки. Описаны особенности работы каждого алгоритма.

Ключевые слова: фильтрация данных, устранение шумов, мониторинг топлива, медианный фильтр, фильтр Савицкого — Голея

Введение. В современных системах мониторинга транспортных средств точное измерение уровня топлива является критически важной задачей для контроля расхода, выявления несанкционированных сливов и оптимизации логистических операций [1]. Данные от датчиков содержат значительные шумы, вызванные вибрацией двигателя, неровностями покрытия, ускорениями и наклонами бака при маневрах.

Шумы приводят к невозможности точного определения расхода, ложным срабатываниям систем обнаружения сливов и снижению достоверности аналитики. Для решения этой проблемы применяются методы цифровой фильтрации.

Медианный фильтр является нелинейным методом, основанным на замене каждого значения в скользящем окне на медиану всех значений этого окна [2]. Метод обеспечивает высокую устойчивость к импульсным выбросам, эффективно подавляя одиночные помехи при сохранении резких перепадов в полезном сигнале.

Фильтр Савицкого — Голея основан на методе наименьших квадратов для локальной полиномиальной аппроксимации сигнала [3]. Метод подбирает полином определенной степени к данным внутри скользящего окна, заменяя центральное значение на значение полинома. Ключевое преимущество — сохранение формы пиков и минимизация фазовых искажений.

Методология эксперимента. Использованы реальные данные уровня топлива от датчиков транспортного средства, собранные телематической системой мониторинга. Эксперимент проводился на двух наборах различной продолжительности: короткий интервал (в течение одного часа) для деталь-

ного изучения поведения фильтров и расширенный диапазон (несколько часов) для оценки стабильности при длительном мониторинге.

Для короткого интервала использовались: медианный фильтр с размером окна 10 точек и фильтр Савицкого — Голея с размером окна 11 точек и степенью полинома 4. Для расширенного диапазона параметры адаптированы: размер окна 30 точек для медианного фильтра и размер окна 40 точек со степенью полинома 10 для фильтра Савицкого — Голея.

Результаты работы фильтров. На рис. 1 представлено сравнение исходных данных с результатами фильтрации на коротком временном интервале.

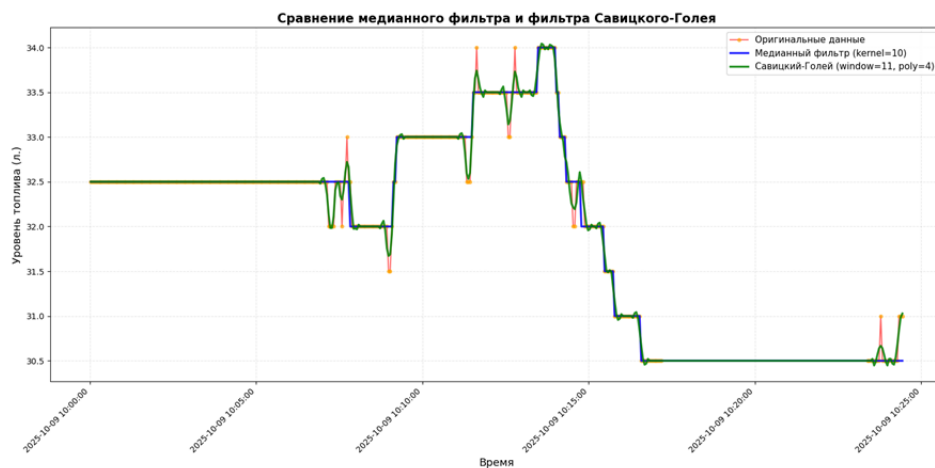


Рис. 1. Сравнение результатов медианного фильтра (синий) и фильтра Савицкого — Голея (зеленый) с исходными данными (оранжевый)

Исходные данные демонстрируют характерные импульсные выбросы, особенно в диапазоне 33–34 литров. Медианный фильтр (синяя линия) эффективно подавляет высокочастотные шумы, создавая ступенчатую структуру сигнала. Метод устраняет импульсные выбросы благодаря робастности медианы к экстремальным значениям, но вносит небольшое запаздывание при резких изменениях уровня.

Фильтр Савицкого — Голея (зеленая линия) обеспечивает плавное естественное сглаживание. Кривая непрерывна и точно следует за динамикой расхода топлива. Метод минимизирует фазовые искажения, обеспечивая точное соответствие временной структуре процесса.

На рис. 2 представлены результаты на расширенном временном диапазоне с адаптированными параметрами.

Фильтр Савицкого — Голея с размером окна 40 точек и степенью полинома 10 (зеленая линия) обеспечивает плавное сглаживание на протяженных участках. Использование полинома 10-й степени точно аппроксимирует сложные нелинейные участки, сохраняя общую динамику.

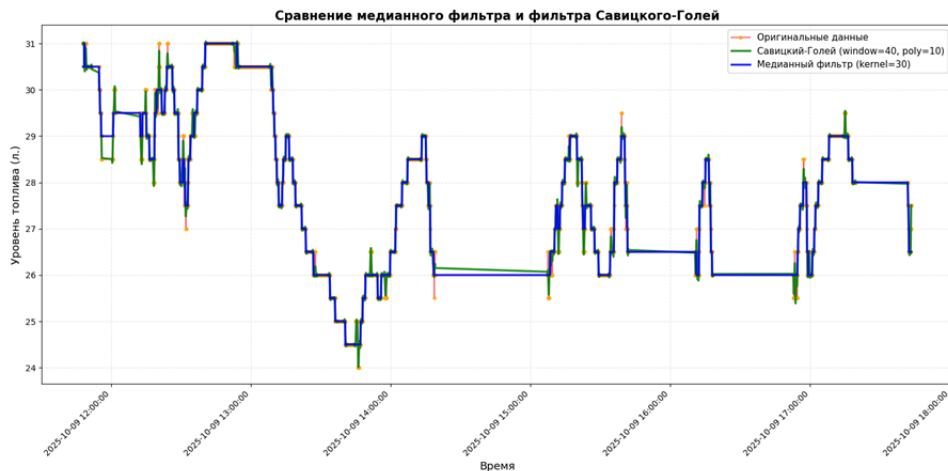


Рис. 2. Сравнение результатов фильтра Савицкого — Голея (зеленый) и медианного фильтра (синий) с исходными данными (оранжевый) на расширенном диапазоне

Медианный фильтр с размером окна 30 точек (синяя линия) демонстрирует выраженную ступенчатую структуру, создавая упрощенное представление динамики. Увеличенный размер окна необходим для фильтрации больших массивов, но приводит к заметному запаздыванию.

Сравнительный анализ. По устранению импульсных помех медианный фильтр превосходит, практически полностью подавляя выбросы независимо от амплитуды. Фильтр Савицкого — Голея также эффективен, но менее устойчив к экстремальным выбросам.

По качеству сглаживания фильтр Савицкого — Голея создает более естественную кривую, соответствующую реальной физике процесса. Медианный фильтр производит ступенчатый сигнал, нежелательный для аналитических задач.

По сохранению динамики фильтр Савицкого — Голея точнее передает временную структуру и минимизирует фазовые искажения. Медианный фильтр вносит заметное запаздывание.

По вычислительной сложности медианный фильтр требует сортировки ($O(n \log n)$), фильтр Савицкого — Голея использует матричные операции с предвычисленными коэффициентами. По настройке медианный фильтр проще (один параметр), фильтр Савицкого — Голея требует выбора размера окна и степени полинома.

Заключение. Оба метода эффективно улучшают качество данных измерений уровня топлива. Выбор зависит от специфики задачи.

Для систем реального времени рекомендуется фильтр Савицкого — Голея с размером окна 11–15 точек и степенью полинома 3–4. Для постобработки данных целесообразны большие размеры окна для максимально гладких результатов.

При работе с расширенными временными диапазонами необходима адаптация параметров: увеличение размера окна сохраняет эффективность при сохранении производительности. Комбинированный подход (медианный фильтр для первичной очистки, затем фильтр Савицкого — Голея) может обеспечить оптимальное качество в сложных условиях [4].

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- [1] Vaseghi S.V. *Advanced digital signal processing and noise reduction*. Chichester, John Wiley & Sons, 2008, 544 p.
- [2] Smith S.W. *The scientist and engineer's guide to digital signal processing*. San Diego, California Technical Publishing, 1997, 626 p.
- [3] Savitzky A., Golay M.J.E. Smoothing and Differentiation of Data by Simplified Least Squares Procedures. *Analytical Chemistry*, 1964, vol. 36, no. 8, pp. 1627–1639.
<https://doi.org/10.1021/ac60214a047>
- [4] Hyndman R.J., Athanasopoulos G. *Forecasting: principles and practice*. Melbourne, OTexts, 2018, 380 p.

Comparative analysis of noise reduction methods in fuel level measurement data based on median filter and Savitzky — Golay filter

Mosolov Alexey Viktorovich

mosolovav@student.bmstu.ru

Gagarin Yuri Evgenievich

gagarin_ye@bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

The article addresses the problem of noise removal in fuel level measurement data of vehicles caused by vibration, road surface irregularities, and dynamic maneuvers. A comparative analysis of two digital filtering methods is presented: the median filter and the Savitzky — Golay filter. The results of applying the methods to real telematics system data with various configuration parameters are presented. The operating features of each algorithm are described.

Keywords: data filtering, noise reduction, fuel monitoring, median filter, Savitzky-Golay filter

УДК 004.89

Сравнительный анализ навигационных систем мультикоптеров: выбор перспективного направления развития

Тарасов Кирилл Олегович

kirill.tarasov1371@gmail.com

Вершинин Евгений Владимирович

vershinin@bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Проведен обзор основных навигационных систем применимых к мультикоптерам. Рассмотрены как классические подходы, так и перспективные технологии. Для каждого варианта подробно описаны принципы работы, ключевые особенности, а также проведен сравнительный анализ преимуществ и недостатков. Целью исследования является выбор перспективной навигационной системы для развития и применения в мультикоптерах. Особое внимание уделено системам, обеспечивающим высокую автономность летательных аппаратов в условиях отсутствия сигнала GNSS.

Ключевые слова: GPS, GNSS, INS, EKF, SLAM, Spoofing, Computer Vision

Развитие беспилотных летательных аппаратов в последние годы стало одним из наиболее динамичных направлений в сферах авиационных и информационных технологий. Среди множества задач, которые необходимо решать для успешной эксплуатации БПЛА, ключевое место занимает навигация. Без точной навигации невозможны ни полеты по заданному маршруту (миссий), ни даже автоматическое удержание позиции. Особую роль играет навигация мультикоптеров, которые благодаря своей маневренности и относительной простоте конструкции применяются в самых разных областях: от доставки до сельского хозяйства и картографии. В данной статье проводится обзор существующих методов навигации мультикоптеров, выделяются их преимущества и недостатки, а также рассматриваются перспективные направления развития, включая использование искусственного интеллекта [1].

Перед тем как рассмотреть конкретные варианты навигационных систем, важно определить критерии, по которым будем их оценивать эффективность.

1. Источники данных: спутниковые, инерциальные, оптические, радиосигналы.

2. Точность позиционирования: определяет максимальное отклонение вычисленных координат дрона от его реального местоположения.

3. Накопление ошибок: характеризует автономность работы системы без коррекции от внешних источников.

4. Устойчивость к помехам: способность навигационной системы сохранять работоспособность и точность в условиях преднамеренных (spoofing, jamming) или непреднамеренных электромагнитных помех, а также в неблагоприятных физических условиях.

5. Вычислительная нагрузка: объем требуемых вычислительных ресурсов для реализации алгоритма навигации.

Рассмотрим текущие технологии.

GPS/GNSS. Спутниковая навигация остается наиболее распространенным методом определения местоположения дрона. Современные мультикоптеры используют GPS, ГЛОНАСС, Galileo и BeiDou, что повышает надежность и точность за счет увеличения числа видимых спутников. Преимущества: глобальная доступность, высокая точность в открытых пространствах (до 1–3 м в стандартном режиме и до нескольких сантиметров с использованием RTK/PPK технологий), низкая стоимость потребительского оборудования. Недостатки: сильная зависимость от качества спутниковых сигналов, уязвимость к преднамеренным помехам (jamming, spoofing), значительное снижение или полное отсутствие сигнала в городских каньонах, под мостами, в лесах и внутри помещений.

INS (инерциальная навигационная система). INS основана на измерениях акселерометров и гироскопов. Она позволяет отслеживать изменения скорости и положения дрона путем интегрирования данных о ускорениях и угловых скоростях без внешних сигналов. Преимущества: очень высокая частота обновления данных (сотни Герц), что критически важно для систем стабилизации; полная автономность и независимость от внешней среды в краткосрочном периоде. Недостатки: накопление ошибки (дрейф) во времени из-за двойного интегрирования ускорения, что приводит к неограниченному росту ошибки позиционирования. Это делает необходимым регулярную коррекцию данными от внешних источников, таких как GPS или визуальные сенсоры.

Оптический поток. Технология оптического потока используется для оценки скорости движения и стабилизации дрона относительно земной поверхности с помощью камеры, направленной вниз, и нисходящего дальномера (лидара или ультразвукового сенсора) [2]. Преимущества: крайне низкая стоимость сенсоров, возможность работы в условиях отсутствия GPS-сигнала на малых высотах, эффективна для зависания на месте. Недостатки: высокая чувствительность к условиям освещения и текстуре поверхности (например, гладкий однородный пол или вода ухудшают работу); ограниченная точность и применимость при больших скоростях полета или высотах выше 10–15 м.

Визуальная навигация (SLAM). Методы Simultaneous Localization and Mapping (SLAM) позволяют БПЛА одновременно строить карту неизвестной окружающей среды и определять свое положение относительно этой карты [3]. Это может быть реализовано с помощью монокамер, стереокамер или 3D-лидаров. Преимущества: полная автономность в помещениях и других GPS-denied условиях, возможность навигации в сложных трехмерных средах с обходом препятствий. Недостатки: высокая вычислительная нагрузка на бортовой процессор, требующая мощных вычислительных блоков; необходимость качественных камер и адекватного освещения; чувствительность к динамическим изменениям в окружающей среде. Подходит только для использования в городской среде или в условиях производственных помещений.

Beacon Navigation. Данный метод основан на движении к радио-маякам. Он позволяет БПЛА не учитывать свое местоположение и не ориентироваться по спутниковому сигналу, так как все перемещение сводится к движению от маяка к маяку, как по рельсам. Преимущества: возможность полного отказа от GNSS и накапливающихся ошибок INS. Недостатки: при радиопомехах БПЛА может не «услышать» сигналы радио-маяка. А также требует предварительной установки радиомаяков на местности.

Таким образом, каждая из рассмотренных технологий обладает уникальными преимуществами и недостатками. Однако в реальных условиях эксплуатации БПЛА часто возникают комплексные сценарии, которые могут одновременно требовать преимущества, присущие разным технологиям. В связи с этим представляется перспективным комбинированный подход, построенный/основанный на стыке сильных сторон нескольких технологий.

GNSS + INS. Это классическое и наиболее распространенное решение. INS обеспечивает высокочастотную стабилизацию и навигацию в кратковременные периоды потери спутникового сигнала, а GNSS периодически корректирует накапливающийся дрейф INS. Проблемы возникают при длительной потере сигнала GPS, тогда ошибка может достигать сотни метров на 1 км. Такие гибридные схемы, часто с использованием расширенного фильтра Калмана (EKF) обладают высокой чувствительностью к расхождению показателей от спутникового сигнала и инерциальной системы.

GNSS + Оптический поток. Используется для повышения точности позиционирования и стабилизации при сбоях спутникового сигнала. Данная связка обеспечивает автономные полеты в городах. В данном случае при потере сигнала GPS за ориентир может браться объект местности. Проблема в том, что в полях и лесах найти такие объекты непросто.

Для дальнейших проектных работ выбрано сочетание GNSS, INS и оптического потока с применением машинного зрения [4]. В таком случае при потере спутникового сигнала, система будет ориентироваться не только по данным своих датчиков (инерциальной системе), но и по окружающей местности. Для этого придется обучить нейронную сеть на конкретном участке местности, выбрать определенные точки за ориентиры, рассчитав их координаты. В таком случае при потере спутникового сигнала, БПЛА получит возможность автономной работы, ориентируясь по заранее известным точкам и вычисляя свое местоположение относительно их координат.

Список источников

- [1] Sönmez S. et al. A Survey of Offline- and Online-Learning-Based Algorithms for Multirotor Uavs. *Drones*, 2024, vol. 8(4), art. no. 116. <https://doi.org/10.3390/drones8040116>
- [2] Mostafa M. et al. Helwan University Radar and Visual Odometry Integrated System Aided Navigation for UAVS in GNSS Denied Environment. *Sensors*, 2018, vol. 18(9), art. no. 2776. <https://doi.org/10.3390/s18092776>
- [3] Cadena C. et al. Past, Present, and Future of Simultaneous Localization and Mapping: Towards the Robust-Perception Age. *IEEE Transactions on Robotics*, 2016, vol. 32, iss. 6. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1606.05830>

- [4] Geragersian P. et al. Cranfield University A Hybrid Deep Learning Approach for Robust Multi-Sensor GNSS/INS/VO Fusion in Urban Canyons. *36th International Technical Meeting of the Satellite Division of the Institute of Navigation (ION GNSS+ 2023)*, 2023.
<https://doi.org/10.33012/2023.19271>

Comparative analysis of multicopter navigation systems: choosing a promising development direction

Tarasov Kirill Olegovich

kirilltarasov1371@gmail.com

Vershinin Evgeny Vladimirovich

vershinin@bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

This article provides an overview of the main navigation systems applicable to multicopters. Both classical approaches and promising technologies are considered. The principles of operation, key features, and a comparative analysis of advantages and disadvantages are described in detail for each option. The purpose of the study is to select a promising navigation system for development and application in multicopters. Special attention is paid to systems that ensure high autonomy of aircraft in the absence of a GNSS signal.

Keywords: GPS, GNSS, INS, EKF, SLAM, Spoofing, Computer Vision

УДК 004.05

Критерии оценивания качества игрового приложения

Карельский Михаил Константинович

m-care-sky@yandex.ru

Белов Юрий Сергеевич

ysbelov@bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Проанализированы ключевые аспекты оценки качества игровых приложений, включая стабильность, удобство использования, геймплей, аудиовизуальное оформление, этичность и поддержку после выпуска. Представлен системный подход к анализу качества, охватывающий как технические, так и пользовательские характеристики. Показано, что высокое качество игры определяется не отдельными элементами, а их гармоничным сочетанием. Сделаны выводы, что предложенная совокупность критериев можно применять для экспертной оценки, тестирования и оптимизации мобильных игровых приложений.

Ключевые слова: *качество игрового приложения, удобство использования, игровой процесс, оценка мобильных игр*

Качество игрового приложения — это многогранное понятие, охватывающее как технические, так и художественные, а также пользовательские аспекты. В условиях насыщенного цифрового рынка, где ежедневно появляются сотни новых игр, именно совокупность качественных характеристик определяет успех продукта, его долгосрочную востребованность и способность удерживать аудиторию. Оценка качества игрового приложения не может сводиться исключительно к визуальной привлекательности или популярности в магазинах приложений — она требует системного подхода, учитывающего как объективные метрики, так и субъективные впечатления пользователей.

Одним из ключевых критериев качества является стабильность и производительность приложения. Даже самая инновационная и увлекательная игра теряет свою ценность, если она работает с неприемлемыми задержками. Особенно это актуально для мобильных платформ, где аппаратные ресурсы ограничены, а разнообразие устройств чрезвычайно велико. Высококачественное игровое приложение должно быть оптимизировано под широкий спектр конфигураций, обеспечивая плавную частоту кадров, быстрое время загрузки и минимальное энергопотребление. Тестирование на различных устройствах, включая старые модели, позволяет выявить потенциальные узкие места и устранить их до релиза. Кроме того, стабильность проявляется и в отсутствии критических ошибок, которые могут привести к потере прогресса игрока или нарушению игрового баланса [1].

Не менее важным аспектом является удобство взаимодействия [2]. Интерфейс должен быть интуитивно понятным, логичным и соответствовать ожиданиям целевой аудитории. Сложные меню, запутанная навигация или неочевидные механики управления отталкивают пользователей, особенно

в первые минуты знакомства с игрой. Хороший дизайн интерфейса не только облегчает освоение игры, но и усиливает эмоциональное вовлечение, направляя внимание игрока на ключевые элементы без перегрузки информацией. Особенно это актуально для казуальных игр, где простота и доступность — основные конкурентные преимущества. В то же время для хардкорных проектов глубина интерфейса может быть оправдана, но даже в этом случае он должен быть последовательным и продуманным [3].

Игровой процесс также подлежит строгой оценке. Качественная игра предлагает сбалансированный, увлекательный и разнообразный геймплей, который поддерживает интерес на протяжении длительного времени. Это достигается за счет продуманной прогрессии, наличия целей и вызовов, а также возможности для развития персонажа или стратегии. Монотонность, чрезмерная рутина снижают воспринимаемое качество. Особенно важно учитывать соответствие механик заявленному жанру и целевой аудитории: то, что уместно в стратегии, может быть раздражающим в аркаде. Кроме того, современные игроки все чаще ожидают наличия социальных функций — мультиплеера, таблиц лидеров, кооперативных режимов или интеграции с сообществами, что также влияет на общую оценку продукта [4].

Визуальное и звуковое оформление играют важную роль в формировании первого впечатления и поддержании атмосферы. Хотя графика не обязана быть фотореалистичной, она должна быть стилистически целостной, соответствовать концепции игры и не вызывать диссонанса. Анимации, переходы, эффекты — все это должно работать на погружение, а не отвлекать или раздражать. То же касается звукового сопровождения: музыка, звуковые эффекты и озвучка (если она присутствует) должны усиливать эмоциональное восприятие и быть технически качественными. Нередко именно звуковая составляющая остается недооцененной разработчиками, хотя она способна значительно повысить уровень вовлеченности.

Безопасность и этичность также становятся все более значимыми критериями качества. Игровое приложение должно корректно обрабатывать персональные данные пользователей, соблюдать требования законодательства (например, GDPR или COPPA) и не содержать вредоносного кода. Кроме того, важно учитывать этические аспекты монетизации: агрессивные схемы, эксплуатирующие психологическую уязвимость игроков (особенно детей), вызывают негативную реакцию как со стороны аудитории, так и со стороны регуляторов. Прозрачность в отношении покупок, отсутствие обманчивых механик и уважение к времени и выбору пользователя — все это формирует доверие и положительную репутацию продукта.

Наконец, качество игрового приложения проявляется в его способности к развитию и поддержке после релиза. Регулярные обновления, исправление ошибок, добавление нового содержимого и учет обратной связи сообщества свидетельствуют о профессионализме разработчиков и их приверженности проекту. Игроки ценят не только саму игру, но и отношение к ним со стороны создателей. Активное взаимодействие с аудиторией, гибкость в адаптации

под меняющиеся предпочтения и готовность признавать ошибки — все это в совокупности формирует долгосрочный успех и лояльность пользователей.

Таким образом, оценка качества игрового приложения — это комплексный процесс, в котором техническая надежность, удобство использования, глубина игрового процесса, художественное исполнение, этическая ответственность и поддержка после выпуска выступают как равнозначные компоненты. Только гармоничное сочетание этих элементов позволяет создать продукт, который не просто привлекает внимание, но и остается востребованным, вызывает положительные эмоции и формирует устойчивую игровую аудиторию.

Список источников

- [1] Ponnada A. et al. Evaluation of mobile games using playability heuristics. *Proceedings of the International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics*, 2012. <https://doi.org/10.1145/2345396.2345437>
- [2] *The Vital Role of Usability Testing in Mobile Game Quality Assurance*. URL: <https://testers-hub.com/usability-testing-in-mobile-game-quality-assurance> (accessed 12.09.2025).
- [3] AnNing, Mazida Ahmad, Huda Ibrahim. Usability Heuristics for Mobile Game Interfaces: A Comparative Evaluation Study. *ESP International Journal of Communication Engineering & Electronics Technology*, 2024, vol. 2, iss. 1, pp. 9–15. <https://doi.org/10.56472/25839217/IJCEET-V2I1P103>
- [4] Korhonen H. Playability heuristics for mobile games. *Proceedings of the 8th Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services, Mobile HCI*, Helsinki, Finland, 2006. <https://doi.org/10.1145/1152215.1152218>

Criteria for evaluating the quality of a game application

Karelsky Mikhail Konstantinovich

m-care-sky@yandex.ru

Belov Yuri Sergeevich

ysbelov@bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

The key aspects of evaluating the quality of gaming applications, including stability, usability, gameplay, audiovisual design, ethics, and post-release support, are considered. A systematic approach to quality analysis is presented, covering both technical and user characteristics. It is shown that the high quality of the game is determined not by individual elements, but by their harmonious combination. It is concluded that the proposed set of criteria can be used for expert evaluation, testing and optimization of mobile gaming applications.

Keywords: *the quality of the game application, usability, gameplay, evaluation of mobile games*

УДК 004.896

Исследование возможностей технологии визуального Simultaneous Localization And Mapping для автономной навигации беспилотных летательных аппаратов

Сафин Адель Марселевич

safinam@student.bmstu.ru

Лукоянов Иван Сергеевич

lukoyanovis@student.bmstu.ru

Гагарин Юрий Евгеньевич

gagarin_ye@bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Рассмотрена актуальная проблема обеспечения автономности беспилотных летательных аппаратов в средах без доступа к сигналу глобальных спутниковых систем. Представлен анализ технологии одновременной локализации и построения карты как ключевого решения указанной проблемы. Показано, как визуальный SLAM позволяет на основе данных с камеры реконструировать трехмерное пространство и определять положение аппарата в нем. Проведено сравнительное исследование современных открытых реализаций алгоритмов SLAM на стандартных наборах данных. Сделаны выводы о применимости и ограничениях данной технологии для задач навигации в промышленности и логистике.

Ключевые слова: автономная навигация, беспилотный летательный аппарат, GPS-denied среда, компьютерное зрение, визуальный simultaneous localization and mapping, ORB-SLAM3

Введение. Эффективная работа автономных беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в значительной степени определяется надежностью и точностью их навигационных систем. В современной практике ключевую роль в обеспечении позиционирования играют глобальные спутниковые навигационные системы (ГНСС), к которым относятся GPS, ГЛОНАСС и их зарубежные аналоги. Однако подобный подход имеет фундаментальный недостаток — зависимость от приема спутниковых сигналов. В условиях их отсутствия, экранирования или намеренного подавления применение ГНСС становится невозможным. Подобные ситуации возникают внутри помещений, в подземных сооружениях, тоннелях, густо застроенных городских районах, а также в зонах активной радиоэлектронной борьбы [1]. Это существенно ограничивает эксплуатацию автономных дронов в критически важных областях — от инспекции промышленных объектов и инфраструктуры до проведения поисково-спасательных миссий, логистических операций на складах и разведки при чрезвычайных ситуациях. В связи с этим особую актуальность приобретает разработка и исследование альтернативных или дополняющих навигационных методов, не зависящих от внешних источников сигналов. Среди них наиболее активно развивающимся направлением является визуальная навигация, основанная на анализе данных с бортовых камер, и, в частности, методы одновременной локализации и построения карты (SLAM) [2].

Цели и задачи. Целью данного исследования стало комплексное изучение эффективности, особенностей и применимости технологии визуального SLAM (vSLAM) для обеспечения автономной навигации БПЛА в условиях отсутствия стабильных сигналов GPS/ГЛОНАСС. Для реализации поставленной цели были решены следующие задачи: провести анализ теоретических основ и архитектурных особенностей современных алгоритмов vSLAM; выполнить сравнительную оценку производительности открытых реализаций, включая ORB-SLAM3 и OpenVSLAM, на стандартных публичных наборах данных [3, 4]; определить точность построения карт окружающего пространства и корректность восстановления траектории движения в сценариях, характерных для полетов дронов; выявить сильные и слабые стороны технологии, определяющие границы ее практического использования.

Методы и материалы. Исследование опиралось на сочетание аналитических и экспериментальных методов. В качестве основных инструментов были выбраны две современные open-source библиотеки: ORB-SLAM3 [5] и OpenVSLAM [4], отличающиеся широкой функциональностью (поддержка монокулярных, стерео и RGB-D камер, а также интеграция с инерциальными датчиками).

Для объективного сравнения использовались признанные в научном сообществе эталонные наборы данных EuRoC MAV [2] и TUM VI [6]. Датасет EuRoC MAV содержит синхронизированные записи со стереокамер и инерциального измерительного блока (IMU), полученные с борта микродрона, движущегося в лабораторных помещениях. В свою очередь, TUM VI предоставляет разнообразные последовательности, снятые в офисных и промышленных интерьерах, и также включает данные IMU. Основными метриками оценки выступали абсолютная ошибка траектории (Absolute Trajectory Error, ATE), отражающая точность локализации относительно эталона, и полнота карты (Point Cloud Completeness), характеризующая степень детализации реконструированного окружения.

Результаты и их обсуждение. Результаты экспериментов показали, что современные реализации vSLAM, такие как ORB-SLAM3, обеспечивают высокую точность позиционирования и построения карты в средах, насыщенных визуальными особенностями (highly-textured). В таких условиях ошибка ATE не превышает 1 % от пройденного пути, что подтверждает высокую точность системы [5]. Однако в визуально бедных или однородных пространствах (например, белые стены, длинные пустые коридоры), а также при быстрых движениях камеры, вызывающих размытость изображения, точность существенно снижается [5, 7]. Анализ полученных данных позволил выявить основные технологические трудности: накопление ошибки (drift) при длительных миссиях из-за итеративного характера оценки поз, а также высокие вычислительные затраты на извлечение и сопоставление признаков, оптимизацию графа поз и прочие процессы. Эти факторы ограничивают применение подобных алгоритмов на маломощных вычислительных платформах, типичных для компактных БПЛА [3, 7].

В целом проведенные исследования подтвердили, что визуальный SLAM является зрелой и надежной технологией для навигации в неизвестных, но преимущественно статических средах. Тем не менее, для устойчивой работы в реальных условиях необходимо решить ряд проблем. К наиболее существенным относятся: чувствительность к динамическим объектам (люди, транспорт), способным вносить искажения в карту; отсутствие устойчивых механизмов повторной локализации после потери трека; необходимость интеграции визуальных данных с показаниями инерциальных датчиков для компенсации кратковременных потерь изображения и повышения общей надежности системы [5]. В перспективе развитие данной области связано с внедрением методов глубокого обучения, направленных на формирование устойчивых дескрипторов и автоматическую семантическую сегментацию сцены, что позволит отделять статичные элементы от движущихся и повышать стабильность картографирования [7]. Особое внимание также уделяется созданию оптимизированных реализаций SLAM, способных функционировать в режиме реального времени на ограниченных аппаратных ресурсах, что является необходимым условием для коммерческого внедрения технологии в серийных БПЛА.

Заключение. Результаты проведенной работы подтвердили возможность и высокую эффективность использования визуального SLAM для автономной навигации беспилотных аппаратов в условиях недоступности спутниковых сигналов. Были обобщены ключевые преимущества технологии: независимость от внешней инфраструктуры, способность формировать детализированные трехмерные модели окружения в реальном времени и относительная доступность сенсорного оборудования. Одновременно были выявлены основные ограничения, включая зависимость от условий освещения и текстуры, вычислительную сложность и уязвимость к динамическим изменениям сцены [1, 3]. Эти результаты определяют направления дальнейших исследований: разработка легковесных алгоритмов, адаптированных для встроенных систем; интеграция мультисенсорных данных (видео + IMU + лидар); повышение семантической осведомленности SLAM-систем для надежной работы в динамичных и непредсказуемых средах. Реализация данных направлений позволит преодолеть существующие барьеры и приблизить массовое применение автономных БПЛА в экономически и технологически значимых областях.

Список источников

- [1] Durrant-Whyte H., Bailey T. Simultaneous localization and mapping: part I. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, 2006, vol. 13(2), pp. 99–110. <https://doi.org/10.1109/MRA.2006.1638022>
- [2] Burri M., Nikolic J., Gohl P., Schneider T. The EuRoC micro aerial vehicle datasets. *The International Journal of Robotics Research*, 2016, vol. 35(10), pp. 1157–1163.
- [3] Mur-Artal R., Tardós J.D. ORB-SLAM2: An Open-Source SLAM System for Monocular, Stereo and RGB-D Cameras. *IEEE Transactions on Robotics*, 2017, vol. 33(5), pp. 1255–1262. <https://doi.org/10.1109/TRO.2017.2705103>

- [4] Sumikura Sh., Shibuya M., Sakurada K. OpenVSLAM: A Versatile Visual SLAM Framework. *Proceedings of the 27th ACM International Conference on Multimedia*, 2019, pp. 2292–2295. <https://doi.org/10.1145/3343031.3350539>
- [5] Campos C., Elvira R., Rodríguez J.J.G., Montiel J.M.M., Tardós J.D. ORB-SLAM3: An Accurate Open-Source Library for Visual, Visual-Inertial and Multi-Map SLAM. *IEEE Transactions on Robotics*, 2021, vol. 37, pp. 1874–1890. <https://doi.org/10.1109/TRO.2021.3075644>
- [6] Schubert D., Goll T., Demmel N., Usenko V., Stücker J., Cremers D. The TUM VI Benchmark for Evaluating Visual-Inertial Odometry. *Proceedings of the 2018 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)*, 2018, pp. 1680–1687. <https://doi.org/10.1109/IROS.2018.8593419>
- [7] Taketomi T., Uchiyama H., Ikeda S. Visual SLAM algorithms: a survey from 2010 to 2016. *IPSJ Transactions on Computer Vision and Applications*, 2017, vol. 9(1), art. no. 16. <https://doi.org/10.1186/s41074-017-0027-2>

Research of capabilities of visual simultaneous localization and mapping technology for autonomous navigation of unmanned aerial vehicles

Safin Adel Marselevich

safinam@student.bmstu.ru

Lukoyanov Ivan Sergeevich

lukoyanovis@student.bmstu.ru

Gagarin Yuri Evgenievich

gagarin_ye@bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

The current problem of ensuring the autonomy of unmanned aerial vehicles in environments without access to the signal of global satellite systems is considered. An analysis of the technology of simultaneous localization and map construction as a key solution to this problem is presented. It is shown how visual SLAM makes it possible to reconstruct three-dimensional space based on camera data and determine the position of the device in it. A comparative study of modern open implementations of SLAM algorithms on standard datasets has been conducted. Conclusions are drawn about the applicability and limitations of this technology for navigation tasks in industry and logistics.

Keywords: *autonomous navigation, unmanned aerial vehicle, GPS-denied environment, computer vision, visual simultaneous localization and mapping, ORB-SLAM3*

УДК 004.932

Применение архитектуры Robotic Operating System для построения модульных систем управления автономными роботами

Фаткулин Владимир Андреевич fatkulina@student.bmstu.ru

Гагарин Юрий Евгеньевич gagarin_ye@bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Рассмотрены принципы построения модульных систем управления автономными роботами на основе архитектуры Robotic Operating System (ROS). Представлены особенности взаимодействия компонентов ROS, показаны преимущества использования ROS 2 в распределенных системах. Сделаны выводы о высокой эффективности архитектуры ROS при интеграции сенсорных систем, исполнительных модулей и алгоритмов навигации, что обеспечивает возможность построения гибких, масштабируемых и адаптируемых робототехнических платформ для широкого спектра прикладных задач.

Ключевые слова: *Robotic Operating System, модульная архитектура, автономные роботы, навигация, сенсоры, распределенные системы*

Введение. Robotic Operating System (ROS) — это открытая программная платформа, предназначенная для разработки модульных и распределенных систем управления роботами. С 2009 года [1] ROS стал стандартом в академической и прикладной робототехнике. Его архитектура, основанная на взаимодействии независимых узлов, позволяет создавать гибкие, масштабируемые и переиспользуемые решения, охватывающие широкий спектр задач — от управления приводами роботов до обработки сенсорных данных и планирования движения.

Цель и задачи. Целью настоящего исследования является комплексный анализ применимости архитектуры ROS 2 для построения модульных систем автономной навигации мобильных роботов. В рамках работы были решены следующие задачи: проведен обзор эволюции архитектуры ROS и ее ключевых компонентов; выполнена оценка производительности современных ROS 2-совместимых навигационных программ; проанализированы возможности интеграции сенсорных данных и облачных вычислений; выявлены ограничения и перспективы развития платформы в контексте реального применения.

Ключевая идея ROS заключается в том, что система строится из множества автономных узлов, которые взаимодействуют через механизмы обмена сообщениями (топики, сервисы). Такая модель обеспечивает высокую модульность и масштабируемость, позволяя разрабатывать сложные системы с минимальной связностью компонентов [2]. Однако ROS 1 имел ряд ограничений: отсутствие поддержки реального времени, слабая безопасность, ограниченная поддержка многопоточности и сложность работы в распределенных средах. Эти недостатки были устранены в ROS 2, где в качестве транспортно-

го уровня используется DDS (Data Distribution Service), обеспечивающий надежную и настраиваемую передачу данных с поддержкой QoS [3].

Методология экспериментов. Одним из ключевых направлений развития ROS является интеграция мультисенсорных данных. Для проверки применимости ROS 2 в условиях отсутствия GPS был проведен эксперимент [4], в котором использовалась архитектура системы локализации, объединяющей данные от LiDAR, IMU и RGB-D камер. Такая интеграция позволила компенсировать недостатки отдельных сенсоров и обеспечила устойчивую навигацию. В качестве исходных данных применялись открытые датасеты, содержащие синхронизированные записи с камер и инерциальных датчиков. Каждый сенсорный поток обрабатывался отдельным узлом ROS 2, после чего результаты объединялись в модуле локализации. Для оценки качества работы использовались метрики абсолютной ошибки траектории (ATE) и полноты карты. Эксперимент показал, что интеграция сенсоров через ROS 2 позволяет компенсировать недостатки отдельных устройств: данные IMU сглаживали кратковременные потери изображения, а LiDAR повышал точность в условиях слабой текстуры сцены.

Навигация в динамичных средах требует адаптивных алгоритмов планирования и избегания препятствий. В обзоре [5] представлены современные подходы к построению маршрутов в ROS, включая использование алгоритмов DWA, TEB и Hybrid A. В симуляторе были созданы сценарии с различной плотностью препятствий и движущимися объектами. Робот, управляемый через ROS 2, последовательно использовал разные алгоритмы планирования траектории. Для оценки применялись метрики: длина пути, время достижения цели и количество столкновений. Сравнение показало, что алгоритмы TEB и Hybrid A обеспечивают более плавные траектории и лучше адаптируются к динамическим условиям, тогда как DWA демонстрировал высокую скорость реакции, но менее оптимальные маршруты. Это критично для устойчивой работы в условиях городской застройки, на складах и в производственных помещениях.

Дополнительным вектором развития ROS является интеграция с облачными платформами. Обзор [6] показывает, как использование облачных вычислений позволяет делегировать ресурсоемкие задачи (например, обучение нейросетей, построение глобальных карт) удаленным серверам. Это особенно актуально для малогабаритных роботов с ограниченными вычислительными возможностями.

Результаты. Эксперименты показали, что ROS 2 может быть универсальной платформой для автономной навигации: он обеспечивает устойчивую локализацию и построение карт за счет мультисенсорной интеграции, позволяет гибко выбирать и комбинировать алгоритмы планирования движения в зависимости от сценария, расширяет функциональность роботов за счет облачных вычислений, сохраняя при этом модульность и масштабируемость.

Несмотря на очевидные преимущества, применение ROS 2 в реальных условиях сопряжено с рядом ограничений. Среди них — высокая вычисли-

тельная нагрузка при выполнении SLAM, чувствительность к условиям освещения и текстуре сцены, а также необходимость точной настройки параметров QoS для стабильной работы DDS. Кроме того, в условиях динамически изменяющейся среды возможны ошибки картографирования и локализации, вызванные появлением новых объектов или изменением конфигурации пространства [4, 6].

В перспективе развитие ROS связано с внедрением методов глубокого обучения для повышения устойчивости SLAM, автоматической семантической сегментации и предсказания поведения объектов. Также ведутся работы по созданию облегченных реализаций ROS 2 для встраиваемых систем, что позволит расширить область применения платформы в компактных мобильных роботах и дронах. Особое внимание уделяется вопросам кибербезопасности, стандартизации интерфейсов и совместимости с промышленными протоколами.

Заключение. Таким образом, ROS 2 представляет собой зрелую и гибкую архитектуру, способную обеспечить эффективную автономную навигацию мобильных роботов в условиях ограниченной или отсутствующей спутниковой связи. Ее применение позволяет реализовать модульные системы, пригодные для использования в логистике, промышленности, сельском хозяйстве и спасательных операциях. Дальнейшее развитие ROS будет определяться интеграцией с ИИ, облачными технологиями и мультисенсорными системами, что откроет новые горизонты для автономных робототехнических решений.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- [1] Quigley M., Conley K., Gerkey B., Faust J., Foote T., Leibs J., Wheeler R., Ng A.Y. ROS: an open-source Robot Operating System. *ICRA Workshop on Open Source Software*, 2009, vol. 1, pp 1–6.
- [2] Guo P., Shi H., Wang S., Tang L., Wang Z. An ROS Architecture for Autonomous Mobile Robots with UCAR Platforms in Smart Restaurants. *Machines*, 2022, vol. 10(10), art. no. 844. <https://doi.org/10.3390/machines10100844>
- [3] Macenski S., Foote T., Gerkey B., Lalancette C., Woodall W. Robot operating system 2: design, architecture, and uses in the wild. *Arxiv preprint*, 2022, vol. 1, pp. 1–12. <https://arxiv.org/abs/2211.07752>
- [4] Wei Z., Wang S., Chen K., Wang F. ROS-Based Navigation and Obstacle Avoidance: A study of architectures, methods, and trends. *Sensors*, 2025, vol. 25(14), art. no. 4306. <https://doi.org/10.3390/s25144306>
- [5] Kehoe B., Patil S., Abbeel P., Goldberg K. A Survey of Research on Cloud Robotics and Automation. *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, 2015, vol. 12(2), pp. 398–409. <https://doi.org/10.1109/TASE.2014.2376492>
- [6] *Introduction of Robot Operating System 2: ROS2*. Fraunhofer Institute. Fraunhofer Publica, 2022, vol. 1, pp. 1–5.

Application of the robotic operating system architecture for building modular control systems for autonomous robots

Fatkulin Vladimir Andreevich

fatkulinva@student.bmstu.ru

Gagarin Yuriy Evgeneevich

gagarin_ye@bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

This article examines the principles of designing modular control systems for autonomous robots based on the Robotic Operating System (ROS) architecture. It outlines the interaction mechanisms between ROS components and highlights the advantages of using ROS 2 in distributed systems. Conclusions are drawn regarding the high efficiency of the ROS architecture in integrating sensor systems, actuator modules, and navigation algorithms, enabling the development of flexible, scalable, and adaptable robotic platforms for a wide range of applied tasks.

Keywords: *Robotic Operating System, modular architecture, autonomous robots, navigation, sensors, distributed systems*

УДК 004.89

Методы контекстного анализа больших кодовых баз с использованием LLM

Дроздов Дмитрий Сергеевич

dmtr636@gmail.com

Гагарин Юрий Евгеньевич

gagarin_ye@bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Рассмотрены современные методы контекстного анализа больших программных систем с использованием больших языковых моделей (LLM). Описаны подходы к представлению программного кода в виде данных, особенности организации контекста и алгоритмы его обработки. Показано, как модели извлекают взаимосвязи между элементами кода, формируют внутренние представления программных зависимостей и применяются для задач анализа и сопровождения программных систем. Приведены сравнительные характеристики различных методов, их преимущества, ограничения и области применения.

Ключевые слова: большие языковые модели, анализ кода, программные системы, контекст, искусственный интеллект

Современные программные системы обладают высокой сложностью и включают множество взаимосвязанных модулей, библиотек и сервисов. Объем исходного кода в таких проектах может достигать миллионов строк, что делает его анализ традиционными средствами чрезвычайно трудоемким. Для понимания поведения системы разработчику важно не только знать содержание отдельных файлов, но и уметь видеть взаимосвязи между компонентами, понимать их логику и влияние изменений на всю архитектуру.

Большие языковые модели (Large Language Models, LLM) изначально разработанные для обработки естественного языка, постепенно находят применение в задачах анализа программного кода [1]. Они обучаются на больших объемах текстовой информации, включая открытые репозитории, и способны воспринимать код как структурированный текст, извлекать из него смысловые зависимости и формировать представление о логике программы.

Использование LLM для анализа кода требует учета особенностей программных данных. В отличие от обычного текста, код имеет строгую синтаксическую структуру и формальные зависимости. Поэтому одной из ключевых задач является создание методов, которые позволяют модели учитывать контекст — то есть связи между файлами, функциями, переменными и компонентами системы. Именно от качества представления контекста зависит точность анализа и возможность корректных выводов.

Методы контекстного анализа можно условно разделить на три группы: структурные, семантические и комбинированные [2]. Они различаются по источникам данных, способам представления информации и уровню абстракции.

Структурные методы основаны на формальном разборе программного кода и построении промежуточных моделей, описывающих его структуру. Чаще всего используются представления в виде деревьев и графов, где узлами выступают функции, классы и модули, а ребра отражают зависимости между ними.

На практике применяются два основных подхода:

- деревья синтаксического разбора, описывающие вложенность конструкций и порядок их следования;

- графы вызовов и зависимостей, показывающие, какие функции используют другие функции, какие модули импортируются, какие данные передаются между компонентами.

LLM в этом случае работают не напрямую с исходным кодом, а с описанием его структуры, закодированным в текстовой форме. Например, модель получает информацию о том, что функция А вызывает функцию В и зависит от параметра С. Такое представление уменьшает объем данных и позволяет сосредоточиться на логике связей.

Преимущества структурных методов — высокая точность и формальная определенность данных. Недостатки — сложность генерации таких структур для проектов на разных языках и потеря части смысловой информации (например, назначения переменных или комментариев разработчиков).

Семантические методы направлены на выявление смысловых связей и назначений элементов программы [3]. Здесь акцент делается не на синтаксисе, а на поведении системы.

LLM анализирует код совместно с комментариями, документацией, результатами тестов и журналами выполнения программы. На этой основе формируются текстовые описания функций и модулей — краткие пояснения, отражающие их роль и взаимодействие с другими частями системы. Далее модель может использовать такие описания для поиска, классификации или объяснения работы программы.

Семантический анализ особенно полезен при изучении кода, написанного разными командами или на разных языках. Он позволяет выявлять дублирование логики, определять ответственность модулей и находить потенциальные ошибки в интеграции.

К числу достоинств семантических методов относится способность моделей работать с разнородными источниками информации. Ограничением является возможная неточность интерпретации, поскольку вывод модели носит вероятностный характер и зависит от полноты контекста.

Комбинированные подходы объединяют структурный и семантический анализ. В них модель получает как формальные зависимости, так и текстовые описания элементов программы [4]. Такой способ позволяет одновременно учитывать точную структуру кода и его смысловое содержание.

Алгоритм работы комбинированных систем обычно включает несколько этапов.

1. Разделение кода на фрагменты (функции, классы, файлы).
2. Формирование кратких текстовых описаний для каждого фрагмента.

3. Определение связей между элементами и построение общей карты проекта.

4. Анализ запросов пользователя с учетом построенной структуры.

Для хранения информации о коде применяются векторные базы данных и графовые модели, где каждому элементу сопоставляется числовое или текстовое представление. Векторные базы позволяют быстро находить похожие фрагменты, а графовые структуры — анализировать пути зависимостей и контексты вызовов.

Преимущества комбинированных методов — возможность масштабного анализа и повышение точности поиска. Недостатки — значительные вычислительные затраты, необходимость обновления базы при изменении кода и зависимость от качества предварительной обработки данных.

Алгоритмы контекстного анализа, основанные на LLM, предполагают последовательное выполнение трех основных этапов: подготовка данных, построение контекста и интерпретация результатов [5].

На этапе подготовки данные кодируются в удобный для модели формат. Это может быть текст, фрагменты кода, структурированные описания или числовые векторы. При этом важно сохранить взаимосвязи между элементами программы — например, через идентификаторы функций и модулей.

На втором этапе формируется контекст — совокупность данных, которые модель будет использовать для анализа. Он может включать соседние участки кода, документацию, тесты и другие вспомогательные материалы. Модель обучается выбирать наиболее релевантные источники информации и учитывать их при формулировании ответа.

Заключительный этап связан с интерпретацией результатов. Модель не только выдает текстовое объяснение, но и способна классифицировать ошибки, оценивать сложность модификаций или предлагать пути оптимизации. В перспективе такие методы могут стать частью автоматизированных систем анализа качества программного обеспечения.

Применение контекстного анализа особенно эффективно в условиях распределенной разработки и микросервисной архитектуры. В подобных системах каждое изменение в одном компоненте может повлиять на другие части. Модели, использующие контекст, позволяют прогнозировать такие последствия и выявлять возможные нарушения в поведении системы до их появления на практике.

Список источников

- [1] Дорофеев Д.А., Песковацков А.Н., Шеховцов А.С. Обзор возможностей применения больших языковых моделей при изучении алгоритмического программирования. *Вестник науки*, 2025, № 6(87), с. 1141–1146.
- [2] Nam D. Using an LLM to Help With Code Understanding. *Proceedings of the 2024 ACM SIGSOFT International Symposium on Foundations of Software Engineering (FSE'24)*, 2024. <https://doi.org/10.1145/3597503.3639187>

- [3] Blyth S., Licorish S.A., Treude C., Wagner M. Static analysis as a feedback loop: enhancing LLM-generated code beyond correctness. *Empirical Software Engineering*, Springer, 2025. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2508.14419>
- [4] Jelodar H., Meymani M., Razavi-Far R. Large Language Models (LLMs) for Source Code analysis: applications, models and datasets. *Journal of computer science and technology*, 2025, arXiv:2503.17502v1
- [5] Husein R.A. et al. Large language models for code completion: a systematic review. *Computer Standards & Interfaces*, 2024, vol. 92(1), art. no. 103917. <https://doi.org/10.1016/j.csi.2024.103917>

Methods of contextual analysis of large codebases using LLM

Drozдов Dmitry Sergeevich

dmtr636@gmail.com

Gagarin Yuri Evgenievich

gagarin_ye@bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

The article examines modern approaches to the contextual analysis of large software systems using large language models (LLMs). It describes methods for representing source code as structured data, algorithms for organizing and processing contextual information, and techniques for identifying relationships between program elements. The study discusses how LLMs build internal representations of code dependencies and apply them to software analysis and maintenance tasks. Various methods are compared in terms of their principles, advantages, limitations, and application areas. The paper emphasizes the scientific significance of contextual modeling as a foundation for automated understanding of complex software architectures.

Keywords: *large language models, code analysis, software systems, context, artificial intelligence*

УДК 004.738

Обнаружение надводных объектов на основе сжатия характеристик и алгоритма обучения 3D ConvexHull

Гаранин Никита Андреевич

garaninna@student.bmstu.ru

Гагарин Юрий Евгеньевич

gagarin_ye@bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Ввиду особенностей морских помех и разнообразия надводных объектов, извлечение признаков имеет большое значение для их совместного обнаружения. Кроме того, учитывая, что возможности обнаружения объектов по извлеченным признакам различаются в зависимости от набора данных, отбор признаков считается сложнейшим этапом обработки. Информация о объектах, используемая при построении матрицы сжатия признаков, неизвестна, поэтому предложен генератор обучающей выборки, который может эмулировать фундаментальное состояние объектов для построения матрицы сжатия признаков. Также представлен двухклассовый классификатор по сжатому вектору признаков с использованием алгоритма обучения 3D ConvexHull.

Ключевые слова: двухклассовый классификатор, выпуклая оболочка, матрица сжатия признаков, морские помехи, надводный объект

Введение. Обнаружение объектов на поверхности моря является сложной задачей для радаров морского наблюдения. Из-за малого радиолокационного сечения (RCS), низкой скорости, изменяющейся в зависимости от волнения на море, результаты обычно попадают в область основных помех в доплеровском диапазоне, например с лодками, водолазами, айсбергами [1]. Из-за сложных характеристик волнения на море и разнообразия объектов невозможно создать точную модель параметров для их обнаружения.

В данной статье предлагается новый метод обработки, основанный на характеристиках, который включает в себя две амплитудные характеристики, две доплеровские характеристики и три частотно-временных характеристики. Обнаружение объекта можно рассматривать как задачу двухклассовой классификации, где один класс — объект, другой — помеха. С радара легко собрать большой объем данных о помехах, но также фиксируются пятна отраженного сигнала от объекта, что приводит к дисбалансу двух классов. Это отличается от общей задачи классификации по двум классам, которая имеет сбалансированное количество двух классов. Чтобы решить данную проблему, предлагается генератор результатов поиска объекта, который генерирует сбалансированное количество выборок с помехами [2]. Кроме того, используется традиционное обучение по методу выпуклой оболочки (Convex Hull Algorithm), который позволяет напрямую контролировать частоту ложных тревог.

Исходные данные. Предположим, что радар излучает когерентную последовательность импульсов длиной N в точке луча. Если в проверяемой

ячейке (CUT) присутствуют отраженные сигналы от объекта, CUT состоит из отраженных сигналов, помех от моря и шума; в противном случае CUT состоит только из помех от моря и шума. Кроме того, учитывая, что данные в ячейках дальности вокруг CUT предполагаются как морские помехи плюс шум, их можно использовать в качестве опорных данных для оценки статистики морских помех.

Далее описаны используемые признаки, позволяющие различать отраженные сигналы от объекта и помехи от моря. Извлеченные признаки включают в себя два амплитудных признака: Rehurst и RAA, два доплеровских признака: RPH и RVE и три признака TF из сглаженного псевдораспределения Вигнера — Вилля (SPWVD): RI, NR и MS [3].

Поскольку движения объекта отличаются от состояния поверхности моря, ЭПР объекта будет иметь сложную флуктуацию. Это может привести к тому, что значения признаков морских помех и отраженных сигналов от объекта перекрываются. Таким образом, можно сделать вывод, что различение морских помех и объектов частично затруднено при использовании только одного признака. Однако, когда экспериментальные данные различаются, классификационная способность каждого признака также различается. Это означает, что способность классификации меняется в зависимости от данных, и каждый признак имеет взаимодополняемость с другими признаками.

Сжатие данных. Поскольку диапазоны значений одних и тех же извлеченных признаков при наличии морских помех и плавающих объектов различны, задача обнаружения может быть преобразована в классификацию векторов признаков морских помех и объектов с помощью двухклассового классификатора в семимерном пространстве признаков. Из-за отсутствия информации о надводных объектах важно построить одноклассовый классификатор, который заменит двухклассовый классификатор для решения задачи обнаружения. В трехмерном пространстве может быть использован только один алгоритм обучения на основе выпуклой оболочки, который может построить выборку, содержащую все векторы признаков морских помех, для вычисления области обнаружения объектов [4].

Учитывая ограниченную размерность алгоритма, сжатие признаков имеет важное значение для всей конструкции детектора. В то время как целевые признаки важны для построения матрицы сжатия признаков, которая используется для сжатия вектора признаков из многомерного пространства в двумерное пространство, эффективно создать генератор обучающей выборки для эмуляции фундаментального состояния движения объектов на морской поверхности.

Модифицированный алгоритм обучения выпуклой оболочки. В обнаруживающих устройствах, полученные временные ряды морских помех и объектов преобразуются в векторы признаков, после чего задача обнаружения выполняется в пространстве признаков. Поскольку извлечение признаков довольно сложно, невозможно создать точную статистическую модель векторов признаков, что также является первой проблемой проектирования на основе признаков. Другая сложность заключается в разнообразии надводных

объектов, что может привести к тому, что выведение простого критерия решения об обнаружении объекта становится затруднительным. Задача обнаружения аналогична задаче одноклассовой классификации при обнаружении аномалий. В задаче обнаружения векторы признаков морских помех представляют собой нормальные выборки, а векторы признаков объектов — аномальные выборки. Благодаря известной информации о морских помехах, удобнее обнаруживать только морские помехи, а все остальные морские помехи можно рассматривать как объекты. Для обучающего набора, обеспечивающего вероятность ложной тревоги, которая контролируется количеством исключенных выбросов, модифицированный алгоритм обучения 3D Convexhull можно описать следующим образом:

1) инициализация: задается обучающий набор H , а также данные о морских помехах в пространстве сжатия признаков, где количество обучающих данных равно W . Вычисление количества ложных тревог: $L = [W \times pF]$, где $[\cdot]$ обозначает целую часть действительного числа. Пусть $l = 0$;

2) вычислить текущую выпуклую оболочку $CH(H)$, где вершинами текущей выпуклой оболочки являются $\{v_1, v_2, \dots, v_r\}$. Затем вычислить количество смоделированных объектов, попавших в выпуклую оболочку $CH(H)$, где число обозначает n_{all} ;

3) для q от 1 до r вычислить выпуклую оболочку $CH(H - \{v_q\})$, что означает удаление вершины v_q из множества H . Затем вычислить количество моделируемых объектов, попавших в новую выпуклую оболочку $CH(H - \{v_q\})$, где число обозначает n_q ;

4) сравнить $\{n_{all} - n_1, \dots, n_{all} - n_r\}$, удалив вершину v_i из множества H , для которой соответствующее значение $n_{all} - n_i$ является максимальным в множестве $\{n_{all} - n_1, \dots, n_{all} - n_r\}$;

5) $H - \{v_i\} \Rightarrow H, l + 1 \Rightarrow l$;

6) если $l < L$, то возвращаемся к шагу (2) для следующего удаления; в противном случае завершаем процесс удаления, чтобы вывести область решения нулевой гипотезы $\Omega = CH(H)$.

Модифицированный алгоритм обучения на основе 3D Convex Hull Algorithm эффективно использует теорию аномального обнаружения для построения и завершения детектора объектов [5]. Алгоритм рекурсивно удаляет несколько аномальных обучающих выборок, что позволяет эффективно использовать знания о моделируемом объекте и морских помехах для уменьшения объема выпуклой оболочки и, следовательно, области принятия решения. Количество удаленных выборок используется для регулировки и контроля уровня ложных тревог.

Алгоритм обучения на основе выпуклой трехмерной оболочки имеет ту же элементарную теорию, что и алгоритм обнаружения аномалий. Алгоритм перешел от задачи классификации с двумя классами к задаче классификации с одним классом, что значительно упростило структуру детектора.

Заключение. В данной работе предлагается новый метод обработки, основанный на сжатии признаков. Для различения морских помех и отражен-

ных сигналов от объектов, эффективно извлекать их признаки, используя разницу между признаками помех и признаками объектов. Метод эффективно преобразует задачу обнаружения объектов в задачу двухклассовой классификации в пространстве признаков. Модифицированный алгоритм выпуклой оболочки, основанный на сжатии признаков, значительно эффективнее работает с задачей двухклассовой классификации и может выдавать наиболее правдоподобные результаты обнаружения объектов.

Список источников

- [1] Cohen K. Asymptotically optimal anomaly detection via sequential testing. *IEEE Trans. Signal Process.*, 2015, vol. 63(11), pp. 2929–2941.
- [2] Wang G., Tao B., Kong X., Peng Z. Infrared small target detection using nonoverlapping patch spatial-temporal tensor factorization with capped nuclear norm regularization. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, 2022, vol. 60, pp. 1–17. <https://doi.org/10.1109/TGRS.2021.3126608>
- [3] Westlake S.T., Volonakis T.N., Jackman J. Deep learning for automatic target recognition with real and synthetic infrared maritime imagery. *International Society for Optics and Photonics*, 2020, pp. 47–53.
- [4] Lang Q., Zhang L., Shi W., Chen W., Pu S. Exploring implicit domaininvariant features for domain adaptive object detection. *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, 2023, vol. 33(4), pp. 1816–1826. <https://doi.org/10.1109/TCSVT.2022.3216611>
- [5] Dongdong Z., Chunping W., Qiang F. Ship target detection algorithm based on feature enhancement in remote sensing. *Laser Journal*, 2023, vol. 44, no. 8, pp. 36–42.

Detection of surface objects based on compression of characteristics and 3D ConvexHull learning algorithm

Garanin Nikita Andreevich

garaninna@student.bmstu.ru

Gagarin Yuriy Evgenievich

gagarin_ye@bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

Due to the peculiarities of marine interference and the diversity of surface objects, feature extraction is important for their joint detection. In addition, given that the detection capabilities of objects based on extracted features vary depending on the data set, feature selection is considered the most difficult stage of processing. The information about the objects used in constructing the feature compression matrix is unknown, therefore, a training sample generator has been proposed that can emulate the fundamental state of objects to construct the feature compression matrix. Also, a two-class classifier based on a compressed feature vector using the ConvexHull 3D learning algorithm is presented.

Keywords: two-class classifier, convex hull, feature compression matrix, marine interference, surface object

УДК 004.942

Использование нейросетевых методов для анализа эмоциональной окраски речи

Костромина Полина Алексеевна kostrominapa@student.bmstu.ru

Белов Юрий Сергеевич ysbelov@bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Рассмотрены современные методы анализа речи и распознавания эмоциональной окраски голоса с использованием нейронных сетей. Проведен обзор подходов глубокого обучения, включая сверточные, рекуррентные и гибридные архитектуры, трансформеры. Рассмотрены основные этапы обработки речевых данных, такие как выделение признаков, использование спектральных и временных характеристик, а также подходы к построению обучающих выборок. Приведена классификация существующих методов. Целью исследования является анализ и систематизация современных нейросетевых методов, а также оценка их эффективности при распознавании эмоциональной окраски речи.

Ключевые слова: распознавание речи, анализ эмоций, нейронные сети, глубокое обучение, спектральные характеристики, рекуррентные сети, трансформеры

Современные системы искусственного интеллекта все чаще включают в себя модули, способные анализировать не только текст, но и звуковую составляющую человеческой речи. Одним из важнейших направлений является распознавание эмоциональной окраски речи, поскольку эмоции несут значительный объем информации о состоянии говорящего, его намерениях и реакции на ситуацию.

Определение эмоциональных характеристик речи требует комплексного подхода, включающего акустическую обработку сигнала, выделение информативных признаков и использование методов машинного обучения. Глубокие нейронные сети (DNN), способные обучаться на больших наборах данных и выявлять скрытые связи между акустическими характеристиками и эмоциями, демонстрируют наиболее эффективные результаты в последние годы.

Актуальность темы обусловлена стремительным развитием технологий речевых интерфейсов, интеллектуальных помощников, сервисов мониторинга здоровья человека и телемедицинских приложений.

Любая система анализа речи начинается с предварительной обработки сигнала. На этом этапе решаются такие задачи, как нормализации уровня громкости, устранение шумов, выделение речевых сегментов и преобразование сигнала во временно-частотную область.

Наиболее распространенные методы описаны в работах [1, 2].

Мел-частотные кепстральные коэффициенты (MFCC) — классический подход, представляющий речь как набор признаков, приближенных к восприятию человеческого слуха.

FBANK-коэффициенты — сохраняют больше спектральной информации и используются при обучении нейронных моделей.

Энергетические и просодические признаки — параметры громкости, темпа и интонации, важные для анализа эмоций.

Спектрограммы и мел-спектрограммы — двумерное представление сигнала, используемого в качестве входных данных для сверточных нейронных сетей.

Классические методы (например, GMM, SVM) уступают нейросетевым по точности и устойчивости к шуму, но все еще используются в качестве базовых моделей для сравнения.

Современные подходы можно разделить на несколько классов в зависимости от архитектуры нейросети и представления данных.

Сверточные нейронные сети (CNN) используются для анализа спектрограмм как изображений. CNN хорошо выявляют пространственные закономерности между частотой и временем, обеспечивая эффективное распознавание особенностей интонации и эмоциональных паттернов в речи [3].

Рекуррентные нейронные сети (RNN, LSTM и GRU) используются для анализа временных зависимостей. Они учитывают контекст речи и последовательный характер аудиосигнала. LSTM продемонстрировали высокую эффективность при определении эмоций в диалоговой речи [4].

Гибридные модели (CNN + LSTM) сочетают в себе преимущества обеих архитектур: CNN выделяет пространственные признаки, а LSTM анализирует их динамику. Такие модели обеспечивают более стабильное распознавание эмоциональных состояний даже при изменении тембра и темпа речи [5].

Трансформеры и модели внимания (Attention, Transformers) — новейшие методы, активно используемые в задачах анализа речи (Speech Emotion Recognition, SER). Трансформеры позволяют учитывать долгосрочные зависимости в аудиопотоке и лучше масштабируются при обучении на больших наборах данных. Модели, основанные на анализе собственного внимания, достигают точности более 80 % на открытых датасетах [6].

Качество моделей SER напрямую зависит от разнообразия и размера обучающей выборки. Существует несколько открытых баз данных, содержащих записи речи, аннотированные по эмоциональным категориям:

- RAVDESS — англоязычные аудиофайлы с 8 эмоциями (радость, гнев, грусть и т. д.);

- EMO-DB — немецкая база данных аудиозаписей речи, созданная специально для исследований в области распознавания эмоций голоса; 10 актеров, 7 эмоций;

- IEMOCAP — диалоговые сессии с метками эмоций;

- CREMA-D — короткие фрагменты с аудио- и видеоэмоциями.

В большинстве случаев выполняется балансировка классов, нормализация длительности фрагментов и дополнение данных искусственными искажениями (аугментация), что повышает устойчивость модели к шуму и вариациям голоса.

Ключевые направления развития систем распознавания эмоций включают использование предобученных моделей, таких как wav2vec 2.0 и HuBERT, которые позволяют эффективно использовать большие объемы аудиоданных. Для повышения точности распознавания эмоций активно разрабатываются мультимодальные подходы, объединяющие информацию из аудио, текста и видео.

Особое внимание уделяется интерпретируемости моделей, что позволяет определить, какие акустические и просодические признаки оказывают наибольшее влияние на предсказания. Адаптация систем к русскоязычным корпусам и их интеграция в приложения, включая голосовые помощники, телемедицинские сервисы и образовательные платформы, также является перспективной. Кроме того, методы глубокого обучения для анализа эмоций в транскрипциях речи подробно рассмотрены в работе [7], что подчеркивает растущий интерес к комплексной обработке как аудио-, так и текстовой информации.

Системы анализа эмоциональной окраски речи являются важным инструментом. Это новое направление в разработке интеллектуальных интерфейсов и человеко-машинного взаимодействия. Обзор существующих методов показывает, что нейронные сети, особенно гибридные архитектуры и трансформеры, демонстрируют наилучшие результаты в задачах распознавания эмоций.

Ключевыми тенденциями остаются использование предобученных моделей, мультимодальных подходов и разработка интерпретируемых решений. Перспективным направлением является адаптация таких систем к русскоязычным корпусам и их интеграция в приложения — от голосовых помощников до медицинских диагностических платформ.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- [1] Алимуратов А.К., Чураков П.П. Обзор и классификация методов обработки речевых сигналов в системах распознавания речи. *Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль*, 2015, № 2 (12), с. 27–35.
- [2] Видман В.В., Аксенов С.В., Саклаков В.М., Ванюшин И.С. Распознавание эмоций из речевого сигнала. *Молодежь и современные информационные технологии. XVI Междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых: матер.* Томск, ТПУ, 2018, с. 140–141.
- [3] Видман В.В. Анализ решений в области распознаваний эмоций из речи. *Информационные технологии в науке, управлении, социальной сфере и медицине. VI Междунар. конф.: матер.* Томск, ТПУ, 2019, с. 84–87.
- [4] Yoon S., Byun S., Jung K. *Multimodal speech emotion recognition using audio and text*. URL: <https://arxiv.org/abs/1810.04635> (accessed 21.10.2025).
- [5] Mirsamadi S., Barsoum E. Automatic speech emotion recognition using recurrent neural networks with local attention. *Proc. IEEE ICASSP*, 2017, pp. 2871–2875. <https://doi.org/10.1109/ICASSP.2017.7952552>
- [6] Fayek H., Lech M., Cavedon L. *Deep Learning Techniques for speech emotion recognition: from databases to models*. URL: <https://arxiv.org/abs/1810.04635> (accessed 21.10.2025).

- [7] Двойникова А.А., Кондратенко К.О. *Подход к автоматическому распознаванию эмоций в транскрипциях речи. Приборы и техника эксперимента*. Санкт-Петербург, Университет ИТМО, 2024, 10 с.

Using neural network methods for analysis of speech emotional coloring

Kostromina Polina Alekseevna

kostrominapa@student.bmstu.ru

Belov Yuri Sergeevich

ysbelov@bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

The described study examines modern methods of speech analysis and voice emotion recognition using neural networks. It provides an overview of deep learning approaches, including convolutional, recurrent, and hybrid architectures, as well as transformers. The study examines the main stages of speech data processing, such as feature extraction, the use of spectral and temporal characteristics, and approaches to building training samples. It also provides a classification of existing methods. The aim of the study is to analyze and systematize modern neural network methods, as well as to evaluate their effectiveness in recognizing the emotional content of speech.

Keywords: *speech recognition, emotion analysis, neural networks, deep learning, spectral features, recurrent networks, transformers*

УДК 004.89

Нейросетевые методы обнаружения подозрительного и агрессивного поведения в системах видеонаблюдения

Шведов Иван Александрович

ivan.shvedov7@mail.ru

Белов Юрий Сергеевич

ysbelov@bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Рассмотрены современные нейросетевые методы обнаружения подозрительного и агрессивного поведения в системах видеонаблюдения. Проанализированы преимущества глубокого обучения перед традиционными подходами компьютерного зрения. Особое внимание уделено архитектурам нейронных сетей, наиболее эффективным для решения задач детекции аномального поведения: сверточным сетям (CNN), рекуррентным нейронным сетям (RNN) и их гибридным модификациям. Рассмотрены практические аспекты внедрения таких систем и перспективы их развития.

Ключевые слова: *глубокое обучение, распознавание, нейронные сети, поведение человека*

Современные системы видеонаблюдения генерируют огромные объемы данных, что делает ручной мониторинг неэффективным и трудоемким. Автоматическое обнаружение подозрительного и агрессивного поведения становится критически важной задачей для обеспечения безопасности в общественных местах, транспортных узлах и коммерческих объектах. Нейросетевые методы демонстрируют превосходство над традиционными алгоритмами компьютерного зрения благодаря способности автоматически извлекать сложные пространственно-временные признаки из видеопотока [1].

Основным преимуществом глубоких нейронных сетей является их способность обучаться иерархическим представлениям данных. В контексте анализа поведения это означает, что сеть может последовательно выявлять простые признаки (границы, текстуры) на начальных слоях и сложные паттерны (позы, движения) на более глубоких уровнях. Для обработки видеоданных наиболее эффективными показали себя трехмерные сверточные сети (3D-CNN), которые способны одновременно анализировать пространственные и временные измерения. Эти сети успешно применяются для детекции различных форм агрессивного поведения, включая драки, преследование и вандализм [2].

Рекуррентные нейронные сети, особенно архитектуры LSTM и GRU, играют ключевую роль в анализе временных последовательностей. При детекции подозрительного поведения важны не только отдельные действия, но и их последовательность и продолжительность. Например, продолжительное стояние в определенной зоне или хаотичное перемещение могут классифицироваться как подозрительная активность. Гибридные архитектуры, такие как CNN-LSTM, объединяют преимущества обоих подходов: сверточные слои

извлекают пространственные признаки из отдельных кадров, а рекуррентные слои анализируют их временную динамику.

Важным аспектом является классификация типов подозрительного поведения. Можно выделить несколько основных категорий: физическая агрессия (удары, толчки), вербальная агрессия (активная жестикуляция), пассивная агрессия (преследование) и ситуационно-обусловленные паттерны (оставленные предметы, несанкционированное проникновение). Для каждой категории требуются специфические подходы к детекции и различные наборы обучающих данных. Наиболее распространенные датасеты для обучения включают UCF-Crime, ShanghaiTech и собственные наборы данных, собираемые операторами систем безопасности [3].

Практическое внедрение нейросетевых систем обнаружения агрессивного поведения сталкивается с несколькими вызовами. Первый вызов — необходимость обработки видео в реальном времени, что требует оптимизации архитектур нейронных сетей и использования специализированного аппаратного обеспечения (GPU, TPU). Второй вызов — обеспечение устойчивости к изменяющимся условиям съемки: освещенности, погодным явлениям, углам обзора камер. Третий вызов — адаптация к конкретным сценам использования, поскольку поведение, считающееся подозрительным в одном контексте, может быть нормальным в другом.

Для решения этих проблем применяются различные стратегии. Перенос обучения (transfer learning) позволяет адаптировать предварительно обученные модели к конкретным условиям эксплуатации. Data augmentation увеличивает разнообразие обучающей выборки за счет искусственных преобразований видео. Многозадачное обучение улучшает обобщающую способность моделей за счет одновременного решения нескольких связанных задач (детекция объектов, оценка поз, классификация действий) [4].

Перспективным направлением является использование методов объяснимого искусственного интеллекта (XAI) для повышения доверия к нейросетевым системам. Такие методы, как Grad-CAM и Attention Maps, позволяют визуализировать области кадра, наиболее влияющие на решение сети. Это особенно важно в системах безопасности, где операторам необходимо понимать логику принятия решений для адекватного реагирования на тревожные события.

Этические аспекты применения нейросетевых систем мониторинга поведения также требуют внимания. Необходим баланс между обеспечением безопасности и защитой приватности граждан. Европейские директивы по искусственному интеллекту и аналогичные регулирующие документы в других странах устанавливают требования к прозрачности и подотчетности таких систем.

В заключение можно констатировать, что нейросетевые методы обнаружения подозрительного и агрессивного поведения достигли значительной зрелости и готовы к широкому практическому применению. Дальнейшее развитие связано с улучшением эффективности моделей, расширением функци-

ональности и обеспечением соответствия этическим и правовым нормам. Интеграция нейросетевых анализаторов поведения в комплексные системы безопасности позволит существенно повысить уровень защиты критически важных объектов и общественных пространств.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- [1] Zhang H.B., Zhang Y.X., Zhong B., Lei Q., Yang L., Du J.X., Chen D.S. A comprehensive survey of vision-based human action recognition methods. *Sensors*, 2019, vol. 19(5), art. no. 1005.
- [2] Sujata Gupta N., Ramya K., Karnati R. A Review Work: Human action recognition in video surveillance using deep learning techniques. *Informatics and automation*, 2024, vol. 23, no. 2, pp. 436–466. <https://doi.org/10.15622/ia.23.2.5>
- [3] Zhang J., Zi L., Hou Y., Wang M., Jiang W., Deng D. A DL-based approach to enable action recognition for construction equipment. *Advances in Civil Engineering*, 2020, pp. 1–14.
- [4] Козловский А.В., Волощук В.И., Мельник Я.Э. Система распознавания девиантного поведения в видеопотоке с использованием нейронных сетей и других методов машинного обучения. *Известия ТулГУ. Технические науки*, 2023, № 2, с. 77–82.

Neural network methods for detecting suspicious and aggressive behavior in video surveillance systems

Shvedov Ivan Alexandrovich

ivan.shvedov7@mail.ru

Belov Yuri Sergeevich

ysbelov@bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

The article discusses modern neural network methods for detecting suspicious and aggressive behavior in video surveillance systems. The advantages of deep learning over traditional computer vision approaches are analyzed. Special attention is paid to neural network architectures that are most effective for solving abnormal behavior detection problems: convolutional networks (CNNs), recurrent neural networks (RNNs) and their hybrid modifications. Practical aspects of implementing such systems and prospects for their development are considered.

Keywords: *deep learning, recognition, neural networks, human behavior*

УДК 004.896

Архитектура и реализация бэкэнд-системы для 3D-визуализации на основе ORB-SLAM и ROS

Усенко Евгений Романович

usenkoer@student.bmstu.ru

Багров Илья Олегович

bio24ki048@student.bmstu.ru

Гагарин Юрий Евгеньевич

gagarin_je@bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Рассмотрена задача создания веб-ориентированной системы для интерактивной 3D-визуализации данных одновременной локализации и построения карты (SLAM). Представлена архитектура бэкэнд-системы, разработанной на языке Python с использованием фреймворка Flask. Показано, что ключевым компонентом системы является алгоритм ORB-SLAM3, интегрированный в конвейер обработки данных ROS. Сделаны выводы, что предложенное решение позволяет эффективно обрабатывать ROS bag-файлы объемом до 10 ГБ, извлекать траекторию движения и облако точек окружающей среды, а также предоставлять результаты через REST API для последующей визуализации в браузере. Разработку можно применять для анализа экспериментов в робототехнике, автономной навигации и образовательных целей.

Ключевые слова: SLAM (Simultaneous Localization and Mapping), ORB-SLAM, ROS (Robot Operating System), бэкэнд, 3D-визуализация, облако точек, веб-интерфейс

Введение. Современные робототехнические системы генерируют значительные объемы данных в формате ROS bag [1], содержащих информацию с сенсоров и одометрию. Анализ этих данных, в частности восстановление траектории движения робота и трехмерной структуры окружающей среды, является критически важной, но нетривиальной задачей. Существующие инструменты часто требуют глубоких технических знаний и не предоставляют удобных средств для интерактивного анализа. В связи с этим актуальной является разработка систем, которые автоматизируют процесс обработки и предоставляют интуитивно понятный веб-интерфейс для визуализации результатов, полученных с помощью современных алгоритмов SLAM, таких как ORB-SLAM [2].

Цели и задачи. Целью работы являлась разработка и реализация масштабируемого бэкэнда для веб-системы 3D-визуализации траектории и карты, построенных на основе данных ROS. Для достижения цели были поставлены следующие задачи: спроектировать модульную архитектуру бэкэнда, способную обрабатывать большие файлы; интегрировать алгоритм ORB-SLAM3 [2] в конвейер обработки данных; разработать механизм асинхронной обработки запросов с использованием многопоточности; реализовать REST API для взаимодействия с фронтендом и предоставления результатов в структурированном формате JSON.

Описание методов, исследований и результатов. В основе бэкенд-системы, реализованной на Python, лежит микрофреймворк Flask [3]. Архитектура системы модульная и включает несколько ключевых компонентов. Модуль приема файлов отвечает за валидацию и сохранение загружаемых ROS bag-файлов. Для интеграции с ORB-SLAM3 [2] был разработан специализированный обработчик, который запускает алгоритм в отдельном процессе, передавая ему путь к bag-файлу. ORB-SLAM3 выполняет обработку визуальных и, при наличии, инерциальных данных, извлекая ключевые кадры, оценивая позу робота и реконструируя разреженное облако точек карты. Эти данные сохраняются в формате JSON. Для обеспечения отказоустойчивости и обработки длительных операций без блокировки веб-интерфейса был реализован асинхронный механизм на базе многопоточности. Каждая задача обработки получает уникальный идентификатор сессии, а ее статус отслеживается в реальном времени через отдельный endpoint API (/status/<session_id>).

REST API системы предоставляет endpoints для загрузки файлов (/upload), проверки статуса, получения данных визуализации (/api/data/<session_id>) и скачивания результатов. В качестве входных данных система поддерживает форматы ROS1 (.bag) и ROS2 (.db3, .mcap). Результатом работы бэкенда являются три файла: trajectory.json (массив поз робота во времени), pointcloud.json (координаты точек трехмерной карты) и metadata.json (информация о файле и процессе обработки). Проведенные испытания показали, что система стабильно обрабатывает файлы объемом до 10 ГБ, успешно извлекая траекторию и облако точек, которые затем могут быть визуализированы во фронтенде с помощью Three.js.

Обсуждение полученных результатов. Разработанная бэкенд-система демонстрирует эффективность связки ORB-SLAM3 и веб-технологий для решения задач анализа данных робототехники. Основное преимущество предложенного подхода — это инкапсуляция сложной алгоритмической части в простой и доступный веб-интерфейс, что значительно снижает порог входа для исследователей. Асинхронная модель обработки позволяет системе обслуживать нескольких пользователей одновременно. Важным результатом является успешная обработка данных, содержащих 12 896 сообщений позиционирования [2], что подтверждает надежность и полноту извлечения информации. В дальнейшем планируется оптимизировать процесс обработки для еще более крупных dataset'ов, а также добавить поддержку дополнительных сенсоров и форматов вывод [4].

Закключение. В ходе работы была успешно разработана и реализована бэкенд-система для 3D-визуализации данных SLAM [5]. Доказано, что интеграция алгоритма ORB-SLAM3 в веб-ориентированную архитектуру является работоспособным и практичным решением. Система решает поставленные задачи по обработке больших ROS bag-файлов, извлечению траектории и построению 3D-карты, предоставляя результаты через стандартизированное API. Решение может быть использовано в научных исследованиях для отлад-

ки алгоритмов автономной навигации, а также в образовательном процессе для наглядной демонстрации работы SLAM-систем [5].

Список источников

- [1] Quigley M., Conley K., Gerkey B., Faust J., Foote T., Leibs J., Wheeler R., Ng A.Y. ROS: an open-source Robot Operating System. *ICRA workshop on open source software*, 2009, vol. 3, no. 3.2, 5 p.
- [2] Campos C., Elvira R., Rodríguez J.J.G., Montiel J.M.M., Tardós J.D. ORB-SLAM3: An Accurate Open-Source Library for Visual, Visual-Inertial, and Multi-Map SLAM. *IEEE Transactions on Robotics*, 2021, vol. 37, no. 6, pp. 1874–1890. <https://doi.org/10.1109/TRO.2021.3075644>
- [3] Grinberg M. *Flask Web Development: Developing Web Applications with Python*. O'Reilly Media, 2018, 234 p.
- [4] Косицин Б.Б., Горелов В.А. *Методы обработки сенсорной информации в мобильной робототехнике*. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2019, 156 с.
- [5] Mur-Artal R., Tardós J.D. ORB-SLAM2: An Open-Source SLAM System for Monocular, Stereo, and RGB-D Cameras. *IEEE Transactions on Robotics*, 2017, vol. 33, no. 5, pp. 1255–1262. <https://doi.org/10.1109/TRO.2017.2705103>

Architecture and delivery of backend systems for 3D visualization based on ORB-SLAM and ROS

Usenko Evgeniy Romanovich

usenkoer@student.bmstu.ru

Bagrov Ilya Olegovich

bio24ki048@student.bmstu.ru

Gagarin Yuri Evgenievich

gagarin_je@bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

This paper examines the challenge of creating a web-based system for interactive 3D data visualization with simultaneous localization and mapping (SLAM). The backend architecture, developed in Python using the Flask framework, is presented. It is shown that the key component of the system is the ORB-SLAM3 algorithm, integrated into the ROS data processing pipeline. It is concluded that the proposed solution enables efficient processing of ROS bag files up to 10 GB in size, displays motion trajectories and points in the environment cloud, and transmits results via a REST API for browser-based visualization. This development can be applied to the analysis of experiments in robotics, autonomous navigation, and educational settings.

Keywords: SLAM (Simultaneous Localization and Mapping), ORB-SLAM, ROS (Robot Operating System), backend, 3D visualization, point cloud, web interface

УДК 004.81

Генерация дубликата голоса без Интернета с использованием нейросети

Александров Арсений Валерьевич

aleksandrovav2@student.bmstu.ru

Гагарин Юрий Евгеньевич

gagarin_ye@bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Проанализирована частота использования технологий искусственного интеллекта среди населения России. Приведено определение понятию синтеза речи и пошагово объясняется принцип работы технологии клонирования голоса. Рассмотрены различные преимущества данной технологии, возможности ее использования в различных сферах жизнедеятельности человека, включая международную. Приведены недостатки, оцениваются этические риски и угрозы конфиденциальности пользователя с точки зрения действующего законодательства.

Ключевые слова: нейросетевые технологии, клонирование голоса, синтез речи, искусственный интеллект, нейросеть, дипфейк, дубликат голоса

Введение. Современный мир невозможно представить без использования искусственного интеллекта. Нейросети применяются человеком не только в профессиональной деятельности, но и в повседневной жизни. Согласно газете «Московские новости», «...больше половины российских интернет-пользователей в 2025 году обращались к нейросетям (51 %)» [1]. Таким образом, можно сделать вывод, что искусственный интеллект играет важную роль для значительного числа граждан, имеющих выход в интернет. Нейросетевые технологии используются в различных областях: работе с информацией и обработке данных (ChatGPT, DeepSeek), генерации изображений (Stable Diffusion, Midjourney) и трансляции текста в речь (ElevenLabs, Google DeepMind) и т. д. В этой статье пойдет речь конкретно о нейросетях, специализирующихся на генерации дубликата голоса для озвучивания текста.

Синтез речи (технология Text-to-Speech) является весьма трудоемким и проблематичным. Это объясняется рядом причин, но самая существенная заключается в том, что каждый человек обладает уникальным голосом: тембром, стилем, манерой и скоростью речи, используемой интонацией, вследствие чего модель должна уметь генерировать правильную длительность и время для каждой фонемы, слова или предложения [2]. Более того, необходимо учитывать контекст фразы, чтобы на выходе была получена связная и естественно звучащая речь.

Методология эксперимента. Для обучения TTS-моделей используются записанные образцы требуемого голоса, в лучшем случае, очищенные от посторонних шумов и звуков. В настоящее время существует так называемая технология Zero-shot, позволяющая ограничиться несколькими минутами человеческой речи для обучения модели [3]. Полученный аудиофайл ИИ пере-

водит в спектрограмму — график, из которого определяется изменение частоты голоса со временем. Далее нейросеть-аналитик (Speaker Encoder) выделяет качество и текстуру голоса, высоту, манеру речи и произношение. Полученная информация представляется в виде цифрового кода — математического описания голоса. Таким образом, у ИИ уже имеется основа для клонирования. Далее используется основная модель (Text-To-Speech Model), заранее обученная универсальная нейросеть, которая способна перевести текст в нейтральную речь, и на этом моменте внедряется цифровой код, упомянутый выше. Данная операция называется «прививкой» голоса (Speaker Adaptation). Полученный результат передается финальной нейросети под названием Вокодер (например, WaveNet), преобразующей спектрограмму в непрерывную звуковую волну — аудио, которое слышит пользователь.

Результаты исследования. В интернет-среде, дублирование, в том числе голоса, описывается понятием «дипфейк» (англ. deep fake; портманто от англ. deep learning — «глубокое обучение» и англ. fake — «подделка»). Дипфейк — это изображение, видео или аудиозапись, которые были изменены или созданы посредством использования искусственного интеллекта, и являются формой медиаконтента, создаваемого ИИ путем объединения фрагментов информации в новое медиа-сообщение [4]. Использование дипфейков имеет множество как положительных, так и отрицательных сторон.

Технология клонирования голоса применяется в медиа: создание дуближа фильмов, сериалов и видеоигр голосом оригинального актера, даже если он говорит на другом языке (кроссязыковой перевод речи); чтение аудиокниг голосами известных дикторов, если они не могут сделать этого физически, либо же нужно ускорить процесс записи. Также стоит отметить и жизненно важную роль клонирования голоса, например при нарушениях речи: люди, потерявшие способность говорить в результате болезни, такой как БАС (боковой амиотрофический склероз), могут использовать голос, воссозданный из прежних записей. В бизнесе данная технология позволяет создавать голосовых помощников, наделенных голосом бренда или конкретного человека. Клонирование голоса способствует сохранению наследия через возможность повторить голоса исторических деятелей, родственников или уходящих поколений.

Кроме всего вышесказанного, технология дублирования голоса играет ключевую роль и на международном уровне при трансляциях речи политиков. Нейросеть позволяет переводить голос говорящего на все языки с сохранением оригинального стиля и интонации, что повышает доверие и вовлеченность аудитории. Однако эта технология может быть полезна не только в глобальной сфере, но и в сфере личного общения иностранных собеседников, которым трудно говорить на одном языке. Программа, использующая искусственный интеллект, предоставит возможность непрерывного и незапринудительного диалога без знания дополнительных языков.

Но важно учитывать и потенциальные риски использования дипфейков. В 2025 г. технология клонирования голоса активно используется мошенни-

ками с целью дезинформации и шантажа [5]. Злоумышленники создают копию голоса родственника конкретного человека или известного деятеля, пользуясь доверием граждан, не имеющих представления о существовании такой возможности. «Только за 2023 год в соцсетях было выявлено более 12 миллионов фейковых сообщений, собравших миллиарды просмотров» [6]. Также голос любого человека является конфиденциальным и не может быть использован без согласия субъекта во избежание угрозы биометрической аутентификации по голосу. На текущий момент в Госдуму РФ на рассмотрение были представлены два законопроекта: №718538-8, определяющий дипфейк как клевету и мошенничество [7], и №718834-8, регулирующий охрану голоса, как нематериального права человека [8].

Заключение. Общая картина технологии клонирования голоса неоднозначна. Несмотря на этот факт, генерация голосов реально существующих личностей имеет веские преимущества, которые могут принести немалую пользу для населения. Однако использование данной технологии обязательно должно осуществляться в рамках правовых норм, чтобы свести этические риски к минимуму.

Список источников

- [1] Газета «Московские новости». URL: <https://www.mn.ru/short/kazhdyj-vtoroj-rossiyanin-polzovalsya-nejrosetyami-za-poslednij-god-vcziom> (дата обращения 22.10.2025).
- [2] Аудиокурс HuggingFace по использованию трансформеров в аудио, раздел 6. URL: https://huggingface.co/learn/audio-course/ru/chapter6/tts_datasets (дата обращения 22.10.2025).
- [3] Biadsy F., Chen Y., Elias I., Kastner K., Wang G., Rosenberg A., Ramabhadran B. *Zero-shot Cross-lingual Voice Transfer for TTS*. URL: <https://arxiv.org/abs/2409.13910>
- [4] *Deepfake*. URL: <https://ru.ruwiki.ru/wiki/Deepfake> (дата обращения 22.10.2025).
- [5] *Мошенничество с дипфейками*. URL: https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Мошенничество_с_дипфейками (дата обращения 22.10.2025).
- [6] Кочетова А. *Дипфейки и ответственность за их распространение. Что важно знать*. URL: <https://legalacademy.ru/sphere/post/dipfeiki-i-otvetstvennost-za-ih-rasprostranenie-chto-vazhno-znat> (дата обращения 22.10.2025).
- [7] *О внесении изменений в Уголовный кодекс Российской Федерации № 718538-8. Законопроект на рассмотрении*. URL: <https://sozd.duma.gov.ru/bill/718538-8> (дата обращения 22.10.2025).
- [8] *О внесении изменений в часть первую Гражданского кодекса Российской Федерации № 718834-8. Законопроект на рассмотрении*. URL: <https://sozd.duma.gov.ru/bill/718834-8> (дата обращения 22.10.2025).

Generating a voice duplicate without internet connection using a neural network

Aleksandrov Arseniy Valeryevich

aleksandrovav2@student.bmstu.ru

Gagarin Yuri Evgenievich

gagarin_ye@bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

This article analyzes the prevalence of artificial intelligence technologies in Russia. It defines speech synthesis and explains step-by-step how voice cloning technology works. It examines the various advantages of this technology and its potential for use in various areas of human life, including internationally. It also identifies its shortcomings, assesses ethical risks, and evaluates threats to user privacy in light of current legislation.

Keywords: *neural network technologies, voice cloning, speech synthesis, artificial intelligence, neural network, deepfake, voice duplication*

УДК 004.89

Распознавание эмоций в тексте: современные подходы и тенденции развития

Фетисов Максим Евгеньевич

fetisovme@student.bmstu.ru

Гагарин Юрий Евгеньевич

gagarin_ye@bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Рассмотрена область NLP, связанная с распознаванием и анализом эмоций в тексте. Определены значимость и области применения методов данной области. Описаны основные модели для представления и классификации эмоций. Представлены различные методы представления эмоций. Рассмотрены технологии, используемые для эмоционального анализа текста. Определено текущее состояние исследований и технологии в области распознавания эмоций в тексте. Цель работы — провести обзор данной области, который ляжет в основу дальнейших исследований по этой теме.

Ключевые слова: распознавание эмоций, эмоциональный анализ, аффективный анализ, обработка естественного языка, векторное представление слов, глубокое обучение, трансформеры

Эмоции являются центральным аспектом человеческого общения и играют ключевую роль в формировании намерений, принятии решений и социальном взаимодействии. Соответственно, распознавание эмоций (Emotion Analysis, EA), или аффективный анализ, стало одной из наиболее активно развивающихся и важных областей в обработке естественного языка (NLP).

В отличие от традиционного анализа тональности (Sentiment Analysis, SA), который фокусируется на определении общей полярности текста (положительный, отрицательный или нейтральный), EA имеет более детализированную и сложную задачу. EA направлено на идентификацию конкретных эмоциональных состояний, выраженных автором (например, гнев, радость, страх, грусть, стыд). Понимание этих состояний критически важно для широкого спектра прикладных задач, включая: системы диалога и чат-боты, мониторинг социальных сетей и рынка, обнаружение психических расстройств.

Для построения надежных вычислительных систем распознавания эмоций необходимо опираться на устоявшиеся психологические модели, которые определяют как эмоции классифицируются и представляются. В NLP традиционно используются три основных класса таких моделей: категориальные, размерные и, в последнее время, оценочные теории [1].

Категориальные модели, также известные как модели базовых эмоций, предполагают, что существует небольшой набор фундаментальных, универсальных эмоций, которые являются дискретными, биологически обусловленными и могут быть легко идентифицированы. Наиболее известной является модель Пола Экмана, включающая шесть базовых эмоций: радость (Joy), грусть (Sadness), гнев (Anger), страх (Fear), отвращение (Disgust) и удивление (Surprise).

В отличие от категориального подхода, размерные (димерсиональные) модели представляют эмоциональные состояния как точки в многомерном, непрерывном пространстве. Этот подход позволяет более тонко и точно описывать широкий спектр аффективных состояний. Наиболее популярной является двухмерная модель валентность — возбуждение (Valence–Arousal, V-A), иногда дополняемая третьим измерением — доминантность (Dominance).

Оценочные теории представляют собой наиболее продвинутый психологический подход, объясняющий почему возникает та или иная эмоция. В отличие от предыдущих моделей, которые описывают что чувствует человек, оценочные теории фокусируются на когнитивной оценке (appraisal) событий или ситуаций, которая предшествует и вызывает эмоциональную реакцию [2].

Для преобразования теоретических психологических моделей эмоций в прикладные вычислительные системы, используются различные методы и подходы к представлению текста. Исторически сложилось, что эти подходы эволюционировали от лексических ресурсов к моделям глубокого обучения и, в настоящее время, к большим языковым моделям.

На ранних этапах развития анализа эмоций доминировали подходы, основанные на лексиконах (словарях). Эмоциональный лексикон — это структурированный ресурс, где каждому слову, фразе или униграмме присваивается метка, связанная с эмоцией или тональностью.

Появление векторных представлений слов (Word Embeddings), таких как Word2Vec и GloVe, произвело революцию в NLP, позволяя моделям улавливать семантическое сходство слов. Однако такие стандартные векторы не всегда точно отражают эмоциональное сходство (например, слова «счастье» и «эйфория» могут быть семантически близки, но иметь разную эмоциональную интенсивность). Для устранения этого пробела были разработаны подходы к созданию эмоциональных представлений (Emotional Embeddings). Модели, такие как EVEC [3], используют вторичный этап обучения (post-training refinement), в ходе которого стандартные предобученные векторы дообучаются с использованием эмоциональных лексиконов или психологических моделей (например, базовых эмоций) [4].

Современный этап развития ЕА ознаменован доминированием моделей глубокого обучения (Deep Learning, DL). Ранние DL-модели (например, сверточные нейронные сети (CNN) и рекуррентные нейронные сети (RNN), особенно с механизмами внимания, такие как Hierarchical Attention Networks), стали использоваться для автоматического извлечения контекстно-зависимых признаков. Они показали значительное превосходство над лексическими методами благодаря способности обрабатывать последовательности и улавливать отдаленные зависимости в тексте [3].

Революция, связанная с архитектурой Transformer и основанными на ней моделями (BERT, RoBERTa и т. д.), привела к значительному улучшению результатов в большинстве задач NLP, включая ЕА. Трансформеры эффективно кодируют глубокий контекст и взаимосвязи слов, что критически важно для распознавания неявно выраженных эмоций.

Новейшая тенденция связана с использованием больших языковых моделей (LLMs), таких как EmoLLMs [5]. Эти модели, часто дообученные с помощью Instruction-Tuning, специально адаптированы для аффективного анализа. Они способны решать не только задачи классификации эмоций, но и более сложные задачи регрессии, такие как оценка силы/интенсивности эмоций (например, по шкале валентность — возбуждение), что было сложно для традиционных моделей. EmoLLMs демонстрируют высокую эффективность в комплексном аффективном анализе, являясь флагманом современных вычислительных подходов.

Распознавание эмоций в тексте остается сложной, но крайне важной задачей. Дальнейший успех в этой области будет зависеть от преодоления разрыва между чисто вычислительными методами и тонкой, многогранной природой человеческих эмоций.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- [1] Plaza-del-Arco F.M., Curry A., Curry A.C., Hovy D. Emotion Analysis in NLP: Trends, Gaps and Roadmap for Future Directions. *Arxiv:2403.01222*, 2024, 15 p.
- [2] Troiano E., Oberländer L., Klinger R. Dimensional modeling of emotions in text with appraisal theories: corpus creation, annotation reliability, and prediction. *Arxiv:2206.05238*, 2022. URL: <https://arxiv.org/abs/2206.05238> (accessed 27.10.2025).
- [3] Park J.H. Finding good representations of emotions for text classification. *Arxiv:1808.07235*, 2018. URL: <https://arxiv.org/abs/1808.07235> (accessed 27.10.2025).
- [4] Seyeditabari A., Tabari N., Gholizade S., Zadrozny W. Emotional embeddings: refining word embeddings to capture emotional content of words. *Arxiv:1906.00112*, 2019. URL: <https://arxiv.org/abs/1906.00112> (accessed 27.10.2025).
- [5] Liu Z., Yang K., Xie Q., Zhang T., Ananiadou S. EmoLLMs: A Series of emotional large language models and annotation tools for comprehensive affective analysis. *Arxiv:2401.08508*, 2024. URL: <https://arxiv.org/abs/2401.08508> (accessed 27.10.2025).

Emotion recognition in text: modern approaches and development trends

Fetisov Maksim Evgenievich

fetisovme@student.bmstu.ru

Gagarin Yuri Evgenievich

gagarin_ye@bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

The article discusses the field of NLP related to the recognition and analysis of emotions in text. It defines the significance and application areas of these methods. The article describes the main models for representing and classifying emotions. It presents various methods for representing emotions. The article discusses the technologies used for emotional analysis of text. The article outlines the current state of research and technology in the field of emotion recognition in text. The goal of this article is to provide an overview of this field, which will serve as a foundation for further research in this area.

Keywords: emotion recognition, emotion analysis, affective analysis, natural language processing, word embeddings, deep learning, transformers

УДК 004.4

Разработка программного обеспечения для оптимизации и контроля производства. Серверный модуль

Вершинин Евгений Владимирович

vershinin@bmstu.ru

Силиштыня Данила Павлович

silishtyandp@student.bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Представлено решение по автоматизации производственных процессов предприятия СКБ КП ИКИ РАН, где используется ручное заполнение маршрутных листов в Excel. Для устранения недостатков этого подхода предложена разработка программного продукта с функциями создания маршрутных листов, отслеживания операций в реальном времени, фиксации действий операторов через штрих-коды и формирования отчетов. Проведен сравнительный анализ REST API фреймворков: Flask (Python), Gin (Golang) и ASP.NET (C#). Тестирование показало, что C# с ASP.NET демонстрирует наилучшую производительность, что делает его оптимальным выбором для реализации серверного модуля системы.

Ключевые слова: автоматизация производства, REST API, производительность, C#, ASP.NET, Python, Flask, Go, Gin, серверный модуль, кроссплатформенность, операционные процессы

На текущий момент на предприятии СКБ КП ИКИ РАН на производстве используются маршрутные листы, которые заполняются мастером цеха вручную в Excel. В них содержатся типовые операции, которые требуются для изготовления детали, с указанием фамилий операторов. Такой подход имеет ряд недостатков, например высокая вероятность ошибок при ручном вводе данных и отсутствие оперативной информации о текущем статусе выполнения операций.

В результате возникла необходимость создания программного продукта, который обеспечит прозрачность производственного процесса, автоматизацию сбора данных и их централизованное хранение. Оно должно включать в себя следующие возможности:

- создавать маршрутные листы и назначать последовательность технологических операций;
- отслеживать ход выполнения операций в реальном времени;
- фиксировать действия операторов с помощью сканирования штрих-кодов;
- сохранять временные метки выполнения операций в базе данных;
- формировать отчеты и анализировать производственную эффективность.

Серверный модуль играет ключевую роль в архитектуре системы: он обеспечивает обмен данными между клиентскими устройствами и базой данных, обрабатывает запросы, хранит информацию о маршрутах и операциях, а также формирует статистику по выполнению [1].

Подготовка данных для анализа. Для реализации модуля необходимо провести анализ REST API фреймворков и выбрать наиболее производительный. Также он должен быть кроссплатформенным с возможностью запуска как на сервере с Windows, так и на сервере с Linux. Анализ проводился среди: Flask на Python, Gin на Golang и ASP .NET на C#. В качестве теста использовался простой Endpoint для получения массива, состоящего из 10 объектов [2]. Пример объекта представлен в листинге 1.

Листинг 1. Пример тестового объекта

```
{
  "student_id": 1,
  "first_name": "Иван",
  "last_name": "Иванов",
  "date_of_birth": "1998-05-15",
  "email": "ivan.ivanov@example.com",
  "phone_number": "+7 (123) 456-7890",
  "address": "г. Москва, ул. Пушкина, д. 10, кв. 5",
  "enrollment_year": 2017,
  "major": "Информатика",
  "course": 3,
  "special_notes": "Без особых примет"
}
```

Каждый фреймворк во время запроса будет считывать JSON-файл с диска и преобразовывать его в объект, затем снова преобразовывать в JSON и отправлять клиенту. Это сделано для имитации обращения к базе данных, которое также состоит из получения запроса, преобразования его в нативный объект и передача клиенту в виде JSON-структуры.

Для замера производительности API использовался Postman, который показывает время отклика и объем переданных данных.

Анализ Python и Flask. Часть кода на Python с использованием Flask представлена в листинге 2 [3].

Листинг 2. Часть кода на Python

```
script_dir = os.path.dirname(os.path.abspath(__file__))
path_to_json = os.path.join(script_dir, 'students.json')
app = Flask(__name__)
api = Api(app)
class Students(Resource):
    def get(self):
        return json_to_dict_list(path_to_json), 200
api.add_resource(Students, "/students")
if __name__ == '__main__':
    app.run()
```

Данный код запустит сервер, который по запросу /students вернет список студентов из JSON файла на диске. После запуска вывелся адрес и порт сервера (рис. 1).

На этот сервер был отправлен запрос с помощью Postman по адресу <http://localhost:5000/students>. Результат представлен на рис. 2. Из него видно, что запрос длился 11 мс и занял 6,24 КБ трафика.

```
* Serving Flask app 'python_backend'
* Debug mode: off
WARNING: This is a development server.
* Running on http://127.0.0.1:5000
Press CTRL+C to quit
```

Рис. 1. Запущенный Python сервер

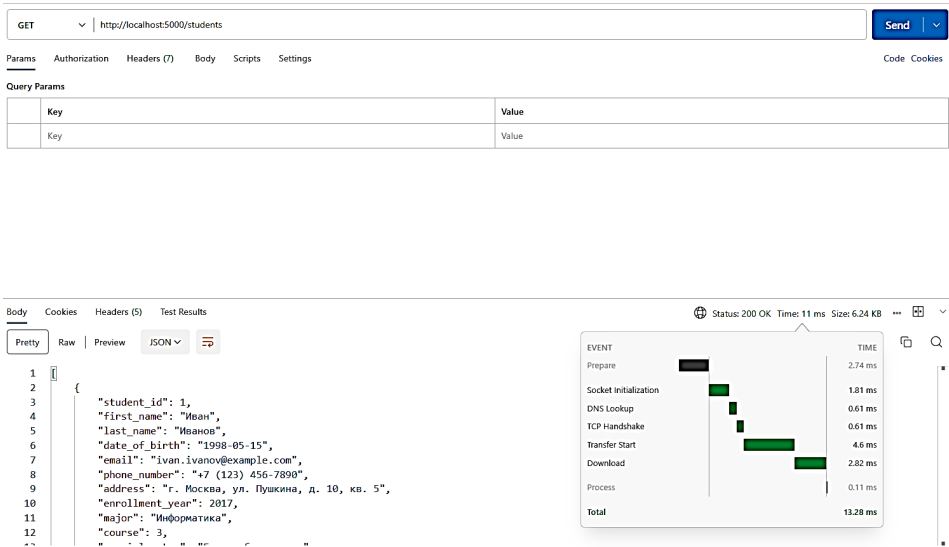


Рис. 2. Результаты теста Python

Анализ Go и Gin. Часть кода на Go с использованием Gin представлена в листинге 3 [4].

Листинг 3. Часть кода на Go

```
func getStudents(c *gin.Context) {
    json_file, err := os.ReadFile("../students.json")
    if err != nil {
        panic(err)
    }
    students := []Student{}
    err = json.Unmarshal(json_file, &students)
    if err != nil {
        panic(err)
    }
    c.IndentedJSON(http.StatusOK, students)
}

func main() {
    router := gin.Default()
    router.GET("/students", getStudents)
    router.Run("localhost:8080")
}
```


После запуска вывелся адрес сервера (рис. 3) и был отправлен запрос с помощью Postman (рис. 4). В результате запрос обрабатывался 4,77 мс и занял 4,86 КБ трафика.

```
[GIN-debug] [WARNING] Creating an Engine instance with the Logger and Recovery middleware already attached.

[GIN-debug] [WARNING] Running in "debug" mode. Switch to "release" mode in production.
- using env:   export GIN_MODE=release
- using code:  gin.SetMode(gin.ReleaseMode)

[GIN-debug] GET    /students          --> main.getStudents (3 handlers)
[GIN-debug] [WARNING] You trusted all proxies, this is NOT safe. We recommend you to set a value.
Please check https://github.com/gin-gonic/gin/blob/master/docs/doc.md#dont-trust-all-proxies for details.
[GIN-debug] Listening and serving HTTP on localhost:8080
```

Рис. 3. Запущенный сервер на Go

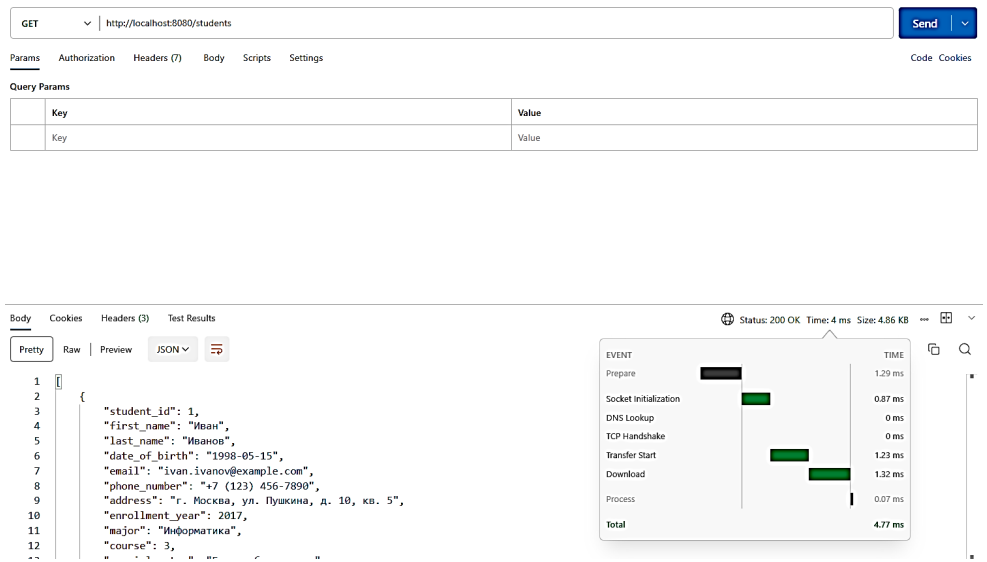


Рис. 4. Результаты теста Go

Анализ C# и ASP .NET. Часть кода на C# с использованием ASP .NET представлена в листинге 4 [5].

Листинг 4. Часть кода на C#

```
app.MapGet("/students", () =>
{
    var jsonFile = File.ReadAllText("../students.json");
    var students = JsonSerializer.Deserialize<List<Student>>(jsonFile, jsonOptions);
    return students;
});
```

После запуска вывелся адрес сервера (рис. 5) и был отправлен запрос с помощью Postman (рис. 6). В результате запрос обрабатывался 3,48 мс и занял 3,39 КБ трафика.

```
info: Microsoft.Hosting.Lifetime[14]
      Now listening on: http://localhost:5155
info: Microsoft.Hosting.Lifetime[0]
      Application started. Press Ctrl+C to shut down.
```

Рис. 5. Запущенный сервер на C#

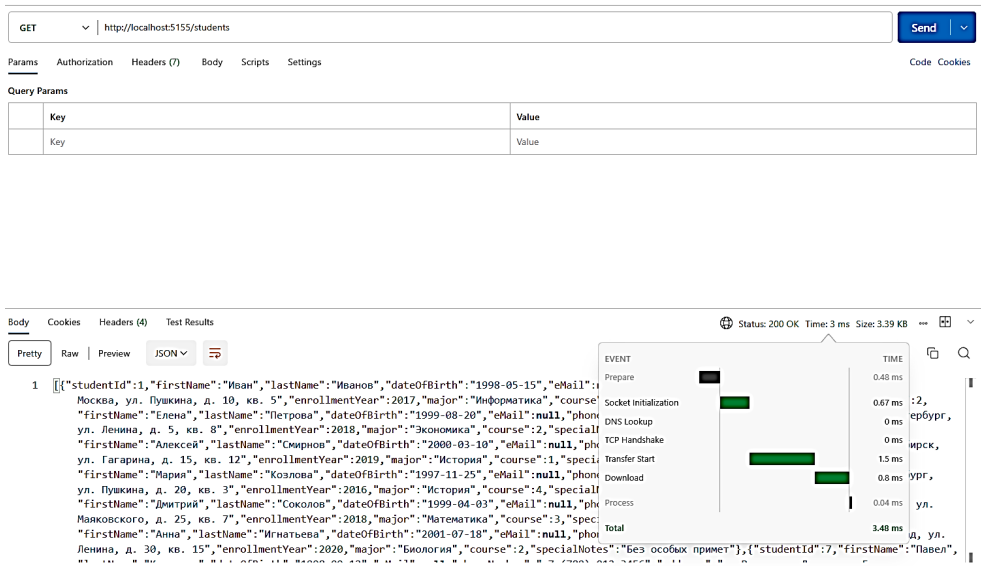


Рис. 6. Результаты теста C#

Результаты были сведены в таблицу, из которой видно, что наиболее производительным вариантом является C# с ASP .NET.

Результаты анализа API фреймворков

Язык	Время, мс	Трафик, КБ
Python + Flask	11,00	6,24
Go + Gin	4,77	4,86
C# + ASP .NET	3,48	3,39

Таким образом, на основании проведенного анализа можно сделать вывод, что использование языка C# и фреймворка ASP .NET является наиболее

целесообразным решением, поскольку он показал наибольшую производительность и наименьшее использование сетевых ресурсов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- [1] Никулин В.В., Олейников А.А., Сорокин А.А., Олейникова А.В. *Разработка серверной части веб-ресурса*. Санкт-Петербург, Лань, 2023, 132 с.
- [2] Марк Б.И. Representational state transfer. Введение в технологию. *Вопросы науки и образования*, 2024, № 1(173), с. 1–14.
- [3] *Flask Documentation*. URL: <https://flask.palletsprojects.com/en/stable/> (accessed 15.10.2025).
- [4] *Gin Repository*. URL: <https://github.com/gin-gonic/gin> (accessed 15.10.2025).
- [5] *ASP .NET Core*. URL: <https://dotnet.microsoft.com/en-us/apps/aspnet> (accessed 15.10.2025).

Development of software for production optimization and control. Server module

Vershinin Evgeny Vladimirovich

vershinin@bmstu.ru

Silishtyan Danila Pavlovich

silishtyandp@student.bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

This article presents a solution for automating production processes at the Special Design Bureau of the Space Research Institute of the Russian Academy of Sciences (SKB KP IKI RAS), which relies on manual completion of route sheets in Excel. To address the shortcomings of this approach, the development of a software product with functions for creating route sheets, tracking operations in real time, recording operator actions via barcodes, and generating reports is proposed. A comparative analysis of the REST API frameworks is conducted: Flask (Python), Gin (Golang), and ASP .NET (C#). Testing showed that C# and ASP .NET demonstrate the best performance, making it the optimal choice for implementing the system's server module.

Keywords: industrial automation, REST API, performance, C#, ASP .NET, Python, Flask, Go, Gin, server module, cross-platform, operational processes

УДК 004.89

Система детекции и автоматической классификации на основе YOLOv8 и TensorFlow для применения в видеонаблюдении и промышленной автоматизации

Евсеев Владислав Дмитриевич

evseevvd@student.bmstu.ru

Белов Юрий Сергеевич

ysbelov@bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Статья посвящена практическому применению. Основное внимание уделено использованию YOLOv8 в связке с TensorFlow для задач детекции и автоматической классификации объектов в системах видеонаблюдения и промышленной автоматизации, где критически важны скорость обработки, гибкость и совместимость с существующей инфраструктурой. Кроме того проводится сравнительный анализ эффективности связки YOLOv8-TensorFlow с другими популярными фреймворками компьютерного зрения. Подробно исследуются методы оптимизации инференс-модели для развертывания на различных вычислительных устройствах, от CPU до GPU и специализированных акселераторов.

Ключевые слова: YOLOv8, TensorFlow, детекция объектов, автоматическая классификация, компьютерное зрение, видеонаблюдение, промышленная автоматизация, оптимизация производительности

Современные промышленные предприятия и системы безопасности все чаще сталкиваются с необходимостью автоматического анализа визуальной информации в реальном времени. Требования к таким системам включают не только высокую точность [1] распознавания, но и способность к быстрой адаптации под изменяющиеся условия, совместимость с существующей ИТ-инфраструктурой и устойчивую работу на устройствах с ограниченными ресурсами. В этом контексте особенно востребованы решения, сочетающие эффективные алгоритмы компьютерного зрения с гибкой архитектурой управления данными.

В данной работе представлена практическая реализация интеллектуальной системы, предназначенной для одновременного выполнения двух задач: локализации объектов на изображении и автоматического присвоения им семантических меток (наименований, типов, статусов и других атрибутов). В отличие от традиционных подходов, где классификация жестко закодирована в весах нейросети, предложенная архитектура разделяет этапы обнаружения и идентификации, что обеспечивает масштабируемость и упрощает сопровождение в динамичной производственной среде.

Ключевые особенности и инновационные аспекты. Основной инновацией предложенной системы является гибридный подход к классификации. Нейросеть YOLOv8 отвечает исключительно за обнаружение объектов — определение их координат и оценку визуальных признаков (размер, ориентация, цветовой профиль). Фактическое именование объекта (например, «кор-

пус насоса типа N-7», «тара для компонента B-12») выполняется автоматически за счет сопоставления этих признаков с предварительно описанным каталогом изделий. Такой каталог может храниться в любой системе управления данными и обновляться независимо от модели.

Этот подход решает две важные проблемы:

- отсутствие необходимости в повторном обучении при добавлении новых типов объектов — достаточно внести запись в справочник;
- поддержка сложных атрибутов, выходящих за рамки простого класса (статус, принадлежность к партии, совместимость с оборудованием и т. д.).

Для повышения надежности система включает механизм обработки «неизвестных» объектов: если визуальные характеристики не соответствуют ни одной записи в каталоге, событие логируется, а оператор получает уведомление. Это особенно полезно при обнаружении брака, посторонних предметов или несанкционированного оборудования. Выбор TensorFlow [2] в качестве вычислительной платформы обусловлен следующими факторами. Во-первых, TensorFlow широко распространен в корпоративной среде и поддерживается большинством промышленных решений для развертывания моделей машинного обучения (включая TensorFlow Serving, TFLite и интеграцию с Kubernetes). Во-вторых, экосистема TensorFlow обеспечивает удобные инструменты для квантования, оптимизации графов и развертывания на edge-устройствах — от серверов до встраиваемых плат (например, NVIDIA Jetson или Coral TPU). Наконец, возможность экспорта YOLOv8 [3] в формат SavedModel или TensorFlow Lite позволяет легко интегрировать модель в существующие программные комплексы без зависимости от PyTorch-стека.

Актуальность и адаптация к современным требованиям. На сегодняшний день наблюдается устойчивый тренд на цифровизацию производственных процессов и интеллектуализацию систем безопасности. При этом компании стремятся минимизировать затраты на переобучение моделей и упростить интеграцию ИИ-компонентов в legacy-инфраструктуру.

Предложенная система полностью соответствует этим требованиям:

- поддержка edge-вычислений за счет оптимизированной модели и TensorFlow Lite;
- совместимость с промышленными протоколами (RTSP, ONVIF) и системами видеонаблюдения;
- возможность работы в режиме 24/7 с минимальным вмешательством человека;
- гибкость в управлении перечнем распознаваемых объектов без участия специалиста по машинному обучению.

Оптимизации производительности. Для обеспечения работы в реальном времени были реализованы следующие оптимизации:

- модель YOLOv8 [4] экспортирована в формат TensorFlow SavedModel, а затем преобразована в TensorFlow Lite с применением посттренировочного квантования (PTQ), что сократило объем памяти на 75 % и ускорило инференс на CPU до 2–3 раз;

– использование асинхронной обработки видеопотока: захват кадра, преобразование и вывод результата выполняются в отдельных потоках, что минимизирует задержки;

– кеширование часто запрашиваемых записей из каталога объектов [5] в оперативной памяти, что снижает нагрузку на хранилище данных при высокой частоте запросов.

Эксперименты показали, что на устройстве с процессором Intel Core i5 и 16 ГБ ОЗУ система обрабатывает видеопоток с разрешением 1280×720 со скоростью 28–32 кадра в секунду, при этом точность детекции (mAP@0.5) составляет 89,4 % на стандартных промышленных сценах.

Практическая значимость и перспективы применения. Представленная система демонстрирует эффективный путь интеграции современных методов компьютерного зрения в прикладные задачи промышленной автоматизации и видеонаблюдения. Помимо задач контроля технологических операций на производственных линиях и анализа видеопотока в системах безопасности, подход может быть успешно применен в логистике (автоматическая идентификация грузов и тары), ритейле (мониторинг выкладки товаров), энергетике (визуальный контроль состояния оборудования) и даже в концепции «умного города» (распознавание транспортных средств, инфраструктурных объектов, аномальных ситуаций).

Список источников

- [1] Коновалов М.Ю., Петров Д.А., Соколов И.В. Применение нейросетевых архитектур YOLO для задач промышленного мониторинга. *Программные продукты и системы*, 2023, № 4, с. 89–101.
- [2] Горбунов А.Л., Ефимов А.А. Оптимизация моделей компьютерного зрения на базе TensorFlow для edge-устройств. *Искусственный интеллект и машинное обучение*, 2022, № 3, с. 45–58.
- [3] Смирнов К.Р., Лебедев А.Н. Интеграция систем видеоаналитики и реляционных баз данных для автоматической идентификации объектов. *Вестник компьютерных и информационных технологий*, 2024, № 1, с. 22–34.
- [4] Jocher G., Chaurasia A., Qiu J. *YOLOv8: ultralytics object detection model*. URL: <https://github.com/ultralytics/ultralytics> (accessed 11.05.2025).
- [5] Abadi M., Barham P., Chen J. et al. TensorFlow: A System for Large-Scale Machine Learning. *12th USENIX Symposium on Operating Systems Design and Implementation (OSDI 16)*, 2016, pp. 265–283. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1605.08695>

Detection and automatic classification system based on YOLOv8 and tensorflow for video surveillance and industrial automation applications

Evseev Vladislav Dmitrievich

evseevvd@student.bmstu.ru

Belov Yuri Sergeevich

ysbelov@bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

The article is devoted to practical application. The main focus is on the use of YOLOv8 in conjunction with TensorFlow for object detection and automatic classification in video surveillance systems and industrial automation, where processing speed, flexibility, and compatibility with existing infrastructure are critically important. Furthermore, the work provides a comparative analysis of the effectiveness of the YOLOv8-TensorFlow bundle with other popular computer vision frameworks. Methods for optimizing the inference model for deployment on various computing devices, from CPUs to GPUs and specialized accelerators, are explored in detail.

Keywords: *YOLOv8, TensorFlow, object detection, automatic classification, computer vision, video surveillance, industrial automation, performance optimization*

УДК 004.4

Использование программного обеспечения для подготовки конструкторской документации по ГОСТ

Вершинин Евгений Владимирович

vershinin@bmstu.ru

Башкалова Дарья Сергеевна

bashkalovads@student.bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Рассмотрено использование программного обеспечения для подготовки конструкторской документации по ГОСТ на предприятии. Выполнен анализ возможностей различных средств разработки с точки зрения кроссплатформенности и возможности экспорта документов в различные форматы. Проведены практические тесты, демонстрирующие работы тестовых программ на операционных системах Windows и Linux, а также особенности реализации экспорта документов. Выявлено, что фреймворк Avalonia обеспечивает наиболее эффективное сочетание кроссплатформенности и интеграции с различными форматами документов, что делает его наиболее предпочтительным для разработки ПО для подготовки конструкторской документации.

Ключевые слова: автоматизация документооборота, кроссплатформенность, Avalonia, C#, Python, интеграция с офисными форматами

В настоящее время на предприятии СКБ КП ИКИ РАН разработка конструкторской документации для проектируемых изделий в программе Altium Designer осуществляется конструкторами и инженерами вручную. Для повышения эффективности проектных работ и сокращения времени на подготовку документации возникает необходимость автоматизации данного процесса. Решением является использование программного обеспечения, предназначенного для автоматического извлечения проектных данных из программы Altium Designer [1] и последующего формирования конструкторской документации в соответствии с требованиями ЕСКД и ГОСТ [2–4].

Основные задачи программы. Используемое программное обеспечение должно выполнять определенные задачи, основными из которых являются:

- извлечение данных о проектируемом изделии из Altium Designer;
- формирование таблиц, спецификаций и перечней элементов в формате, соответствующем требованиям ГОСТ;
- обеспечение возможности редактирования и экспорта документов в необходимые форматы (PDF, DOCX, XLSX);
- минимизация участия сотрудников предприятия в процессе оформления документации;
- возможность работы в операционных системах Windows и Linux.

В данной работе производится исследование средств разработки программного обеспечения на соответствие необходимым параметрам.

На основании поставленных задач для программного обеспечения необходимо выбрать среду разработки, которая поможет легко осуществить дан-

ный алгоритм работы с документацией. Одними из главных критериев, которыми должна обладать среда разработки являются:

- возможность запуска программы на операционных системах Windows и Linux (кроссплатформенность);
- наличие различных форматов экспорта (Excel, Word, PDF);

В качестве средств разработки рассмотрим на соответствие вышеперечисленным параметрам следующие инструменты: Avalonia (.NET), C# (.NET Framework 4.8), Python.

Кроссплатформенность. Данный параметр необходим, так как программное обеспечение должно корректно функционировать на всех компьютерах, входящих в систему рабочих станций предприятия, вне зависимости от используемой операционной системы.

Для исследования кроссплатформенности сред разработки проведем тесты с запуском тестовых программ на операционных системах Windows и Linux.

Для первого теста на языке C# (.NET Framework 4.8) используем листинг 1, который необходим для создания пользовательского интерфейса с помощью WPF (Windows Presentation Foundation), который обеспечивает мощные инструменты для создания интуитивно понятных интерфейсов [5].

Листинг 1:

```
using System.Windows;
namespace TestAppWPF
{
    public partial class MainWindow : Window
    {
        public MainWindow()
        {
            InitializeComponent();
            Title = "WPF Test App";
        }
    }
}
```

Результат запуска программы на Windows приведен на рис. 1.

Результат запуска программы на Linux приведен на рис. 2.



Рис. 1. Запуск тестовой программы C# на Windows

```
Error NETSDK1136 : The target platform must be set to Windows (usually by including '-windows' in the TargetFramework). Succeeded: False. Errors: 1. Warnings: 0
```

Рис. 2. Запуск тестовой программы C# на Linux

По результатам запуска на обеих операционных системах можно сделать вывод, что программа, созданная посредством использования языка C# (.NET Framework 4.8), корректно работает только на Windows, а при запуске на Linux выдает ошибку, так как WPF не поддерживается в данной ОС. На рис. 3 отображен запуск WPF в операционной системе Linux с помощью слоя совместимости с Windows — WINE.



Рис. 3. Запуск программы с технологией WPF с помощью WINE

В результате получается, что программа работает некорректно при данном способе запуска или же вообще в определенных случаях может не запуститься, что не подходит для данного ПО.

Для второго теста используем фреймворк Avalonia (.NET), который позволяет разработчикам создавать приложения с использованием .NET для различных операционных систем [6]. Листинг 2 — это код тестовой программы, которая позволяет записать и прочитать текстовый файл.

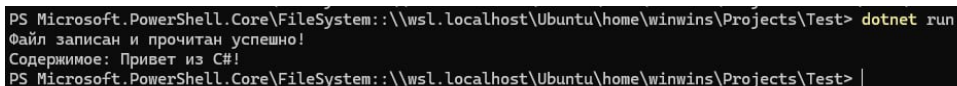
Листинг 2:

```
using System;
using System.IO;
class FileTest
{
    static void Main()
    {
        string path = "test_output.txt";
        string content = "Привет из C#!";
        try
        {
            File.WriteAllText(path, content);
            string readText = File.ReadAllText(path);
            Console.WriteLine("Файл записан и прочитан успешно!");
            Console.WriteLine($"Содержимое: {readText}");
        }
        catch (Exception ex)
    }
}
```

```
{  
    Console.WriteLine($"Ошибка: {ex.Message}");  
}  
}  
}
```

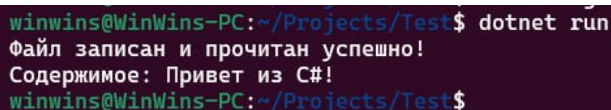
Результат запуска программы на Windows приведен на рис. 4.

Результат запуска программы на Linux приведен на рис. 5.



```
PS Microsoft.PowerShell.Core\FileSystem::\\wsl.localhost\Ubuntu\home\winwins\Projects\Test> dotnet run  
Файл записан и прочитан успешно!  
Содержимое: Привет из C#!  
PS Microsoft.PowerShell.Core\FileSystem::\\wsl.localhost\Ubuntu\home\winwins\Projects\Test> |
```

Рис. 4. Запуск тестовой программы под Avalonia на Windows



```
winwins@WinWins-PC:~/Projects/Test$ dotnet run  
Файл записан и прочитан успешно!  
Содержимое: Привет из C#!  
winwins@WinWins-PC:~/Projects/Test$
```

Рис. 5. Запуск тестовой программы под Avalonia на Linux

Фреймворк Avalonia использует такой же язык C#, но при этом имеет встроенные технологии для создания пользовательского интерфейса, что тоже важно для разрабатываемого ПО. Второй тест показывает, что код, написанный на языке C#, можно запустить на Linux только при условии использования фреймворка Avalonia.

По результатам запусков проектов Avalonia на разных операционных системах можно сделать вывод, что данный фреймворк кроссплатформенный и программа корректно работает и на Windows, и на Linux.

Для третьего теста используем язык Python — интерпретируемый высокоуровневый язык программирования общего назначения [7]. Листинг 3 также предназначен для записи и чтения файла.

Листинг 3:

```
import os  
try:  
    path = "test_output.txt"  
    with open(path, "w", encoding="utf-8") as f:  
        f.write("Привет из Python!")  
    with open(path, "r", encoding="utf-8") as f:  
        content = f.read()  
    print("Файл записан и прочитан успешно!")  
    print(f"Содержимое: {content}")  
except Exception as e:  
    print(f"Ошибка: {e}")
```

Результат запуска программы Python на Linux представлен на рис. 6.

Результат запуска программы Python на Windows представлен на рис. 7.

```

winwins@WinWins-PC:~/Projects$ python3 test.py
Файл записан и прочитан успешно!
Содержимое: Привет из Python!
winwins@WinWins-PC:~/Projects$

```

Рис. 6. Запуск тестовой программ Python на Linux

```

===== RESTART: C:/Users/darya/Downloads/test.py
файл записан и прочитан успешно!
Содержимое: Привет из Python!
>>> |

```

Рис. 7. Запуск тестовой программ Python на Windows

По результатам запусков программы Python на разных операционных системах можно сделать вывод, что данный язык программирования кроссплатформенный и программа также корректно работает и на Windows, и на Linux.

Наличие различных форматов экспорта (Word, PDF, Excel). Для проведения теста, показывающего наличие различных форматов экспорта у рассматриваемых сред разработки проанализируем преобразование текстового файла в формат PDF (см. таблицу).

Преобразование текстового файла

Среда разработки	Код программы	Примечание
Avalonia (.NET, C#)	<pre> using PdfSharp.Pdf; using PdfSharp.Drawing; string text = File.ReadAllText("input.txt"); PdfDocument doc = new PdfDocument(); PdfPage page = doc.AddPage(); XGraphics gfx = XGraphics.FromPdfPage(page); gfx.DrawString(text, new XFont("Arial", 12), XBrushes.Black, new XRect(40, 40, page.Width, page.Height)); doc.Save("output.pdf") </pre>	Требуется подключение NuGet-пакета PdfSharp
Python	<pre> from reportlab.pdfgen import canvas with open("input.txt", "r", encoding="utf-8") as f: text = f.read() c = canvas.Canvas("output.pdf") c.drawString(50, 800, text) c.save() </pre>	Требуется использование внешних библиотек. Реализация не интегрируется напрямую с офисными форматами (Word, Excel)

Окончание таблицы

Среда разра-ботки	Код программы	Примечание
С# (.NET Frame- work 4.8, WPF)	<pre>using System.IO; using System.Windows.Documents; using System.Windows.Xps.Packaging; using System.Windows; using System.Printing; string text = File.ReadAllText("input.txt"); FlowDocument doc = new FlowDocument(new Para- graph(new Run(text))); var pd = new PrintDialog(); pd.PrintDocument(((IDocumentPaginatorSource)doc).DocumentPaginator, "Print to PDF")</pre>	Сторонние библиотеки не требуются при использо- вании WPF

Закключение. На основании проведенных тестов можно сделать вывод, что для разработки данного ПО язык Python не подходит, так как возникают трудности при экспорте файлов в различные форматы; язык С# (.NET Framework 4.8) в отличие от Python таких трудностей не предоставляет, но при этом требует использования технологии WPF, которая не поддерживается на Linux. Таким образом, наиболее целесообразным решением является использование фреймворка Avalonia, который требует минимального подключения библиотек и при этом корректно работает на обеих операционных системах.

Список источников

[1] *Altium Designer Documentation*. URL: <https://www.altium.com/documentation> (accessed 17.10.2025).

[2] ГОСТ 2.104–2006. *ЕСКД. Основные надписи*. Москва, Стандартинформ, 2006, 15 с.

[3] ГОСТ 2.109–73. *ЕСКД. Основные требования к чертежам*. Москва, Стандартинформ, 1974, 54 с.

[4] ГОСТ 2.701–2008. *ЕСКД. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению*. Москва, Стандартинформ, 2009, 16 с.

[5] Аралиев Э.Р. Методы и средства разработки графических приложений (язык С#). *Символ науки*, 2024, № 3-2-2.

[6] *Avalonia UI. What is Avalonia?* URL: <https://docs.avaloniaui.net/ru/docs/overview/what-is-avalonia> (accessed 17.10.2025).

[7] Мадиярбекова А. Python как высокоуровневый язык программирования. *Вестник науки*, 2024, № 11(80), с. 1114–1125.

The use of software for the preparation of design documentation according to GOST

Vershinin Evgeny Vladimirovich

vershinin@bmstu.ru

Bashkalova Darya Sergeevna

bashkalovads@student.bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

The use of software for the preparation of design documentation according to GOST at the enterprise is considered. The analysis of the capabilities of various development tools in terms of cross-platform compatibility and the ability to export documents to various formats has been performed. Practical tests were conducted to demonstrate the operation of test programs on Windows and Linux operating systems, as well as the specifics of document export. It is revealed that the Avalonia framework provides the most effective combination of cross-platform and integration with various document formats, which makes it the most preferable for software development for the preparation of design documentation.

Keywords: *document management automation, cross-platform, Avalonia, C#, Python, integration with office formats*

УДК 004.4

Сравнительный анализ технологий для разработки программного обеспечения для оптимизации и контроля производства. Клиентский модуль

Вершинин Евгений Владимирович

vershinin@bmstu.ru

Цахилаев Александр Олегович

tsakhilaevao@student.bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Сравнительный анализ технологических решений для разработки клиентского модуля системы автоматизации учета производственных операций. Проанализированы языки программирования C#, Java, Python и выбран фреймворк для отрисовки графического интерфейса. На основе проведенного анализа был обоснован и сделан выбор в пользу связи C# и кроссплатформенного фреймворка Avalonia UI. Данный стек позволяет создать производительное desktop-приложение для управления и отслеживания производства с современным интерфейсом, способное работать на операционных системах Windows, Linux и macOS, что подтверждает его эффективность для решения поставленных задач.

Ключевые слова: автоматизация производства, разработка ПО, C#, Avalonia UI, Java, Python, сравнительный анализ

На текущий момент производство завязано на маршрутных листах. Мастер цеха создает маршрутный лист, состоящий из конкретных операций, распечатывает и отдает в цех. Рабочие выполняют операции по этому листу и ставят отметку о выполнении. Иногда случается такое, что теряется деталь или сам маршрутный лист, из-за чего восстановить последнюю выполненную операцию не всегда представляется возможным. Исходя из этого требуется автоматизация данного процесса путем написания ПО, которое позволит быстро создавать маршрутные листы с операциями для конкретных изделий и хранить отметки о выполнении в базе, чтобы в случае чего можно было восстановить лист или просмотреть текущее состояние выполнения [1].

Система должна состоять из сервера и множества клиентов. В нашем случае речь о клиентском модуле, который отвечает за взаимодействие с пользователями и занимается как отправкой запросов на сервер, так и обработкой пришедших в ответ данных.

Для реализации модуля необходимо провести анализ платформ для разработки. Разберем популярные решения для разработки приложений: Python, Java и C#. Клиент должен быстро работать с файлами различных объемов, быть кроссплатформенным (в связи с постепенным переходом на Linux), он должен быть удобен в разработке выбранными средствами. Также важна скорость работы в целом и размер дистрибутива, так как обновления планируется делать через сеть, а на предприятии не везде есть проводная сеть и иногда будет использоваться Wi-Fi.

Начнем с кроссплатформенности. Все три рассматриваемых языка обеспечивают работу в разных системах, но разными способами. Python использует интерпретатор, который должен быть установлен на целевой системе. Java работает поверх JVM (Java Virtual Machine), что также требует предустановленной среды выполнения. C# с .NET9 компилируется под нужную платформу, а также предоставляет возможность АОТ-компиляции (Ahead-of-Time), позволяя создавать полностью самостоятельные исполняемые файлы без зависимостей, что значительно сокращает объем программы [2].

По размеру дистрибутива и обновлениям: для C# приложения, скомпилированного в самостоятельный исполняемый файл, процесс обновления максимально упрощен. Необходимо передать только обновленный исполняемый файл. В случае использования дифференциальных обновлений размер пересылаемых данных может быть сокращен до нескольких раз. Java приложения требуют наличия совместимой версии JVM на клиентской машине, что создает дополнительные сложности при обновлении. В худшем случае может потребоваться передача всего пакета JRE объемом до пары сотен мегабайт. Python приложения, упакованные с помощью инструментов вроде PyInstaller, создают относительно компактные дистрибутивы, но производительность таких приложений значительно уступает компилируемым решениям. Выбор C# (в особенности с АОТ-компиляцией) позволяет минимизировать объем передаваемых данных при обновлениях, что особенно важно для рабочих мест с ограниченной пропускной способностью каналов связи.

Экосистема и инструменты также играют важную роль для разработки. Python обладает богатыми библиотеками для анализа данных, но слабыми возможностями для создания производительных desktop-приложений. Java и C# предлагают современные среды разработки — IDE и мощные редакторы кода, такие как Visual Studio, VS Code, IntelliJ IDEA, OpenIDE и многие другие [3].

Перейдем к тестам производительности. Будет анализироваться работа с файлами, так как рабочие на предприятии постоянно с ними работают: data.txt и data_big.txt, которые имеют размер 3КБ и 25,2 МБ соответственно.

Листинг кода для C#:

```
public void RunTest(string filename)
{
    Console.WriteLine($"C#: Тестирование файла {filename}");
    if (!File.Exists(filename))
    {
        Console.WriteLine("Файл не найден!");
        return;
    }
    var stopwatch = Stopwatch.StartNew();
    var lines = File.ReadAllLines(filename);
    Console.WriteLine($"Прочитано строк: {lines.Length}");
    var processed = lines
        .ToArray();
}
```



```
File.WriteAllLines($"output_csharp_{Path.GetFileNameWithoutExtension(
(filename)}.txt", processed);
stopwatch.Stop();
Console.WriteLine($"C#   Время:   {stopwatch.ElapsedMilliseconds}
мс");
Console.WriteLine($"Записано строк: {processed.Length}");
Console.WriteLine();
}
```

Вывод кода C#:

```
C#   Время: 4 мс
C#   Время: 71 мс
```

Листинг кода для Python:

```
class PythonFileBenchmark:
    def run_test(self, filename):
        print(f"Python: Тестирование файла {filename}")
        if not os.path.exists(filename):
            print("Файл не найден!")
            return
        start_time = time.time()
        try:
            with open(filename, 'r', encoding='utf-8') as file:
                lines = file.readlines()
                print(f"Прочитано строк: {len(lines)}")
                processed = [line.upper().strip() for line in lines]
                output_name = f"output_python_{filename.replace('.txt', '')}.txt"

            with open(output_name, 'w', encoding='utf-8') as file:
                for line in processed:
                    file.write(line + '\n')
            end_time = time.time()
        benchmark = PythonFileBenchmark()
        benchmark.run_test("data.txt")
        benchmark.run_test("data_big.txt")
```

Вывод кода Python:

```
Python   Время: 8.48 мс
Python   Время: 127.67 мс
```

Листинг кода для Java:

```
public void runTest(String filename) {
    System.out.println("Java: Тестирование файла " + filename);
    if (!Files.exists(Paths.get(filename))) {
        System.out.println("Файл не найден!");
        return;
    }
    long startTime = System.currentTimeMillis();
    try {
        List<String> lines = Files.readAllLines(Paths.get(filename));
        System.out.println("Прочитано строк: " + lines.size());
    }
```

```

List<String> processed = lines.stream()
    .map(String::toUpperCase)
    .toList();
String outputName = "output_java_" + filename.replace(".txt",
"") + ".txt";
Files.write(Paths.get(outputName), processed);
long endTime = System.currentTimeMillis();
System.out.println("Java Время: " + (endTime - startTime) + " мс");
System.out.println("Обработано строк: " + processed.size());
System.out.println();
} catch (IOException e) {
System.out.println("Ошибка: " + e.getMessage());
}
}

```

Вывод кода Java:

```

Java: Тестирование файла data.txt
Java Время: 16 мс
Java: Тестирование файла data_big.txt
Java Время: 202 мс

```

Соберем данные в сводную таблицу для сравнения.

Сравнительный анализ технологий

Критерий	C# + .NET 9	Java	Python
Производительность (время обработки файла 25,2 МБ), мс	71	202	127,67
Кроссплатформенность	Нативная компиляция под целевые платформы	Требуется JVM	Требуется интерпретатор
Размер дистрибутива	Минимальный (АОТ-компиляция)	Большой (требуется JVM)	Средний (PyInstaller)
Простота обновлений	Высокая (один исполняемый файл)	Низкая (зависит от версии JVM)	Средняя (зависит от зависимостей)

На основе проведенного сравнительного анализа языков программирования C# показал наилучшие результаты по производительности — обработка файла 25,2 МБ заняла всего 71 мс против 202 мс у Java и 127,67 мс у Python [4].

Исходя из выбранной платформы и языка (.NET9 и C#), произведем выбор графического фреймворка, удовлетворяющего нашим условиям. Среди кроссплатформенных решений для C# рассматривались Avalonia UI, MAUI и Uno Platform. MAUI ориентирован, в первую очередь, на мобильные платформы и имеет ограниченную поддержку Linux (мобильные устройства), а Uno Platform имеет зависимость от платформы, то есть одни и те же эле-

менты могут на разных ОС вести себя по-разному, что плохо скажется на опыте пользователя. Avalonia UI как оптимальный выбор — фреймворк имеет собственный UI движок для отрисовки интерфейса и не зависит от платформ и, в отличие от Uno, обладает документацией на русском языке и большей популярностью [5, 6].

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- [1] Куликова Е.А., Чуваков А.Б., Петровский А.Н. *Автоматизация производственных процессов в машиностроении*. Москва, Изд-во Юрайт, 2025, 252 с.
- [2] Тюкачев Н.А., Хлебостроев В.Г. *С#. Основы программирования*. Санкт-Петербург, Лань, 2021, 272 с.
- [3] Свердлов С.З. *Языки программирования и методы трансляции*. Санкт-Петербург, Лань, 2025, 564 с.
- [4] Иванова Е.А., Крамаренко Т.А. *Кроссплатформенные приложения*. Краснодар, КубГАУ, 2020, 165 с.
- [5] Медникова О.В. *Проектирование интерфейсов*. Москва, РУТ (МИИТ), 2019, 68 с.
- [6] Репьюк Н.С., Конев А.А. Программный комплекс для исследования речевых сигналов. *Доклады ТУСУР*, 2025, № 1, с. 93–99. <https://doi.org/10.21293/1818-0442-2025-28-1-93-99>

Comparative analysis of technologies for software development for optimization and control of production. The client module

Vershinin Evgeny Vladimirovich

vershinin@bmstu.ru

Tsakhilaev Alexander Olegovich

tsakhilaevo@student.bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

Comparative analysis of technological solutions for the development of the client module of the accounting automation system for production operations. The programming languages C#, Java, and Python are analyzed and a framework for rendering the graphical interface is selected. Based on performance criteria, cross-platform, development speed, and resource requirements, the choice of the C# and Avalonia UI stack for creating a desktop production management and tracking application is justified.

Keywords: *production automation, software development, C#, Avalonia UI, Java, Python, comparative analysis*

УДК 631.5:528.88

Технология анализа состояния сельскохозяйственных полей при помощи спутниковой съемки поверхности Земли

Колышкин Алексей Сергеевич

akolyshkin6@gmail.com

Кузин Никита Сергеевич

serakuzkaluga@gmail.com

Гагарин Юрий Евгеньевич

gagarin_ye@bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Рассмотрены методы анализа состояния сельскохозяйственных полей при помощи анализа спутниковых снимков поверхности Земли. Описаны алгоритмы получения индексов, являющихся результатами анализа. Дан краткий обзор теории, описывающей получение индексов. Даны краткие теоретические сведения, описывающие смысл индексов. Рассмотрены преимущества и актуальность данного анализа. Показано возможное практическое применение методов анализа полей, сильные и слабые стороны этих методов для решения задач, возникающих в работе фермеров и агрономов.

Ключевые слова: фото со спутника, анализ, поле, сельское хозяйство, нейронные сети, обработка изображений, NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)

Введение. Анализ состояния сельскохозяйственных полей с использованием космических снимков в настоящее время является одним из ключевых направлений развития в аграрном секторе. Приведенный в данной статье тип анализа позволяет фермерам и агрономам получить ценные данные о состоянии полей.

Использование фото со спутников позволяет быстро и точно проанализировать текущее состояние большого количества полей, что позволяет повысить эффективность использования воды и удобрений, своевременно обнаруживать очаги болезней и своевременно собирать урожай.

Научная основа анализа. Для анализа используются значения индексов NDVI(Normalized Difference Vegetation Index), SAVI(Soil-Adjusted Vegetation Index), EVI(Enhanced Vegetation Index), GNDVI(GREEN Normalized Difference Vegetation Index).

В основе анализа лежит способность растений поглощать электромагнитные волны в красном диапазоне (RED) пока они растут и отражать волны в ближнем инфракрасном (NIR), когда они болеют или созрело.

Красный свет (RED, ~650–680 нм): хлорофилл в листьях сильно поглощает красный свет для фотосинтеза. Поэтому здоровая зеленая растительность отражает очень мало красного света.

Ближний инфракрасный свет (NIR, ~750–900 нм): внутренняя структура листа сильно отражает ближний инфракрасный свет. Растение так избегает перегрева.

В результате у здоровой растительности огромный контраст между низким отражением в красном канале и очень высоким — в ближнем инфра-

красном канале. Почва же имеет более-менее плавную и ровную кривую отражения. Ее отражательная способность в красном и ИК-диапазонах не так сильно различается.

Вегетационные индексы. Значение NDVI показывает жизнеспособность растений и вычисляется по формуле $NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$. Анализируя каждый пиксель, мы получаем карту. NDVI может принимать значения от -1 до $+1$.

Если значение находится в диапазоне от $0,2$ до $0,5$ — это характерно для редкой растительности. Если значение находится в диапазоне от $0,6$ до $0,9$ — это характерно для здоровой, растущей растительности. Если значение находится в диапазоне от -1 до 0 — это характерно для поверхности без растительности [1].

Значение SAVI работает по тому же принципу, что и NDVI, но учитывает помехи от почвы, что позволяет анализировать молодые ростки. SAVI вычисляется по формуле: $SAVI = (NIR - RED) / (NIR + RED + L) \cdot (L + 1)$, где L — коэффициент влияния почвы (обычно $0,5$). Значение находится в диапазоне от -1 до 1 , чем ближе к 1 , тем лучше [2].

Значение EVI работает так же, как и NDVI, но учитывает влияние атмосферы. Кроме красного и инфракрасного диапазона, также используется синий (BLUE). EVI вычисляется по формуле: $EVI = 2,5 \cdot (NIR - RED) / (NIR + 6 \cdot RED - 7,5 \cdot BLUE + 1)$. Значение находится в диапазоне от -1 до 1 [3]. Идеальным считается диапазон от $0,2$ до $0,8$ [4].

Индекс GNDVI для анализа использует зеленый и инфракрасный диапазоны. Он позволяет оценить качество фотосинтеза растений. GNDVI вычисляется по формуле: $GNDVI = (NIR - GREEN) / (NIR + GREEN)$. Значения в диапазоне от -1 до 0 показывают наличие воды или оголенной почвы. Значения больше 0 показывают, насколько зеленые растения и насколько много в них хлорофилла [5].

Все эти индексы лучше использовать вместе, так как каждый из них вносит свой определенный вклад в общую картину состояния исследуемого объекта.

Анализ динамики. Мониторинг временной динамики земного покрова занимает центральное место в решении прикладных задач. Это позволяет количественно оценивать изменение территории, включая деградацию почвы. В основе решения данной задачи используются методы анализа спутниковых изображений, сделанные в различные моменты времени. Особо эффективны методы, связанные с генерацией временных рядов и их последующей обработкой с помощью средств машинного обучения.

На рис. 1 изображены поля с разным NDVI. На рис. 2 показано поле с очагами болезней.

Алгоритм анализа полей.

1. Получение изображений со спутника. Бесплатным источником получения изображений является Google Earth Engine. Google использует спутники миссии Landsat и европейских спутников Sentinel-1, Sentinel-2, Sentinel-3,

Sentinel-5P. Они позволяют получать достаточно качественные снимки с периодом в 5 дней [6].

2. Предварительная обработка. Полученные фото имеют атмосферные искажения. Также облака мешают корректной работе, поэтому изображения требуют корректировки. Кроме того, выполняется геометрическая корректировка, обеспечивающая точное географическое выравнивание.

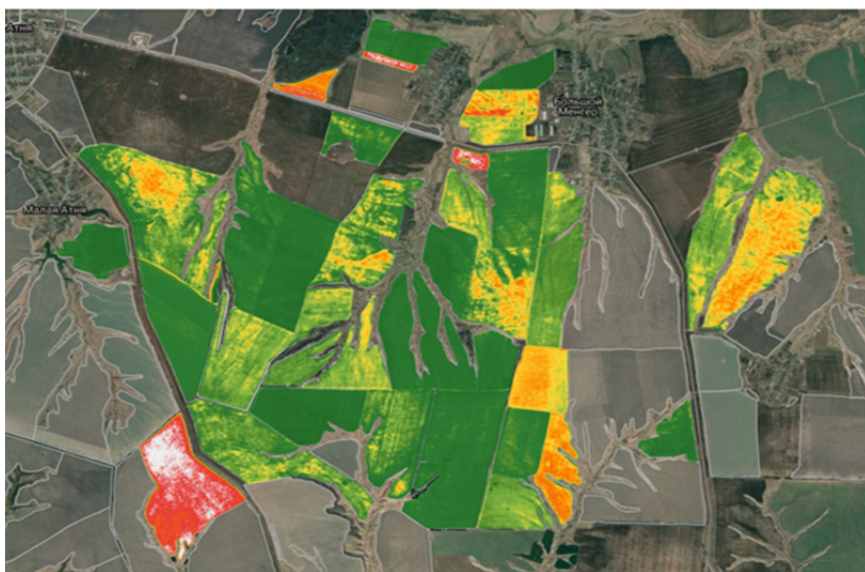


Рис. 1. Поля с разным NDVI

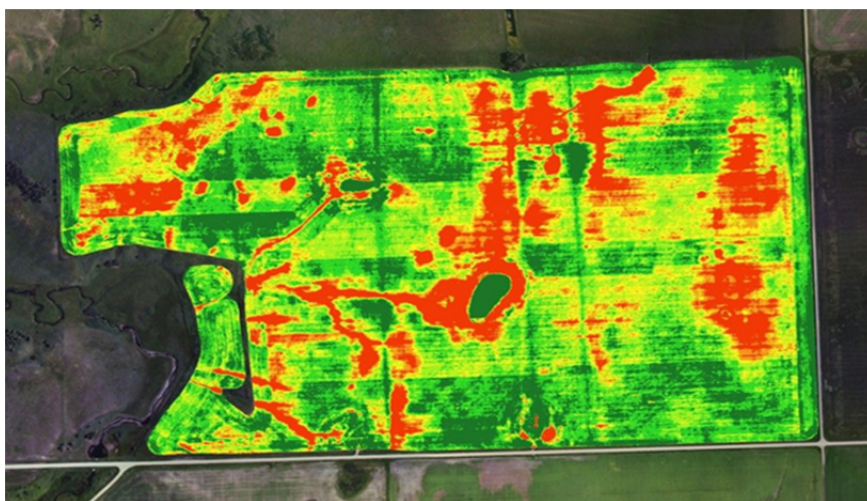


Рис. 2. Поле с очагами болезней

3. Расчет и анализ. Обработанные фото анализируются при помощи искусственного интеллекта, вычисляются индексы для каждого пикселя.

4. Интерпретация. Полученные результаты интерпретируются в карты и удобные графики, на основе которых фермеры могут принимать решения.

Закключение. Анализ сельскохозяйственных полей с помощью спутниковых снимков позволяет быстро оценивать состояния сельскохозяйственных полей, что позволяет своевременно поливать, удобрять, лечить от болезней, собирать урожай. Все это приводит к повышению урожая на 20–30 % и снижению затрат фермеров. Современные методы машинного обучения и индексы NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), SAVI (Soil-Adjusted Vegetation Index), EVI (Enhanced Vegetation Index), GNDVI (GREEN Normalized Difference Vegetation Index) позволяют быстро и точно определять состояние посевов. Фото со спутника позволяют анализировать большие площади сельскохозяйственных полей без усилий со стороны фермера. В дальнейшем эта технология предполагает интеграцию с беспилотными летательными аппаратами, что позволит получить изображения более высокого качества.

Список источников

- [1] *Анализ и сравнение NDVI*. URL: <https://doc.smartagro.ru/spaces/FD/pages/17006732/Анализ+и+Сравнение+NDVI> (дата обращения 10.12.2023).
- [2] Коваленко Д.С., Петров А.В. *Детектирование индексов вегетации виноградных насаждений как один из инструментов при мониторинге состояния виноградников*. URL: <https://agrarnayanauka.ru/detektirovanie-indeksov-vegetaczii-vinogradnyh-nasazhdenij-kak-odin-iz-instrumentov-pri-monitoringe-sostoyaniya-vinogradnikov/> (дата обращения 24.10.2025).
- [3] *Enhanced Vegetation Index (EVI)*. URL: <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/arcpy/spatial-analyst/evi.htm> (accessed 24.10.2025).
- [4] Смирнов А.К. *Использование вегетационных индексов в мониторинге сельскохозяйственных культур*. URL: https://gisproxima.ru/ispolzovanie_vegetatsionnyh_indeksov (дата обращения 25.10.2025).
- [5] González R., Smith T. *Vegetation Indices and Their Interpretation: NDVI, GNDVI, MSAVI2, NDRE and NDWI*. URL: <https://www.auravant.com/en/articles/precision-agriculture/vegetation-indices-and-their-interpretation-ndvi-gndvi-msavi2-ndre-and-ndwi/> (accessed 25.10.2025).
- [6] *Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) в дистанционном зондировании*. URL: <https://habr.com/ru/articles/500020/> (дата обращения 25.10.2025).

Technology for analyzing the condition of agricultural fields using satellite imaging of the Earth's surface

Kolyshkin Alexey Sergeevich

akolyshkin6@gmail.com

Kuzin Nikita Sergeevich

serakuzkaluga@gmail.com

Gagarin Yuri Evgenievich

gagarin_ye@bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

This article examines methods for analyzing the condition of agricultural fields using satellite imagery of the Earth's surface. Algorithms for obtaining indices resulting from this analysis are described. A brief overview of the theory underlying these indices is provided. Brief theoretical background describing the meaning of these indices is also provided. The advantages and relevance of this type of analysis are discussed. The article demonstrates the potential practical application of field analysis methods, as well as their strengths and weaknesses, for solving problems faced by farmers and agronomists.

Keywords: *satellite photo, analysis, field, agriculture, neural networks, image processing, NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)*

УДК 004.89

Современное состояние обнаружения объектов на оптических спутниковых изображениях

Чжао Чэньсяо

chch24kim040@student.bmstu.ru

Белов Юрий Сергеевич

ysbelov@bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Обнаружение объектов на оптических спутниковых изображениях представляет собой ключевую технологию во многих областях. С развитием глубокого обучения показатели в данной области значительно улучшились. Представлен краткий обзор текущего состояния исследований: сначала проанализированы ограничения ранних методов с ручным выделением признаков, затем основное внимание уделено усовершенствованным методам решения ключевых проблем, включая произвольную ориентацию, значительную вариативность масштабов, сложный фон, малые объекты, эффективность моделей и недостаток размеченных данных, и в заключение рассмотрены перспективные направления исследований.

Ключевые слова: оптические спутниковые изображения, обнаружение объектов, ориентированный ограничивающий прямоугольник, глубокое обучение

В последнее время обнаружение объектов на спутниковых снимках привлекает все большее внимание благодаря своей высокой практической значимости. Данная технология активно используется в различных областях, включая мониторинг природной среды, точное сельское хозяйство, городское планирование, геоинформационные системы и обеспечение национальной безопасности. В связи с этим исследователями было предложено значительное количество методов для решения задачи обнаружения объектов на оптических спутниковых изображениях.

Оптическое дистанционное зондирование — это технология, при которой сенсоры работают в видимом диапазоне. Оптические спутниковые изображения содержат множество деталей, наглядно отображая форму, цвет и текстуру объектов земной поверхности, что удобно для непосредственного визуального анализа. Однако, в отличие от обычных изображений, снимки природных ландшафтов обычно фиксируют боковые проекции объектов, тогда как спутниковые изображения в основном передают вид сверху [1].

Ранние алгоритмы обнаружения объектов на оптических спутниковых изображениях преимущественно основывались на методах с ручным выделением признаков. Сначала выделялись области кандидатов, затем для целевых объектов вручную определялись признаки, и, наконец, с помощью классификатора определялась категория объектов. Для снижения избыточных вычислений и повышения эффективности традиционные методы часто использовали скользящие окна для генерации областей-кандидатов, однако это приводило к значительным вычислительным затратам. Ручные признаки

в основном основывались на низкоуровневой визуальной информации, такой как цвет, текстура и контуры. Хотя такие методы были логичными и легко интерпретируемыми, их способность к обобщению была ограничена, а адаптивность к сложным сценариям — низкой.

С развитием глубокого обучения глубинные признаки, извлекаемые нейронными сетями, автоматически извлекают глубокие признаковые представления, обладающие более высокой семантической насыщенностью и различительной способностью, что значительно способствовало развитию и улучшению производительности технологий обнаружения объектов. Учитывая особенности спутниковых изображений, исследователи предложили numerous усовершенствованные методы, эффективно повысившие производительность в области дистанционного зондирования.

Ключевые проблемы и методы их решения. *Произвольная ориентация объектов.* Из-за аэросъемочного ракурса объекты могут быть произвольно ориентированы, что делает неприменимым стандартное обнаружение с помощью горизонтальных прямоугольников. Исследователи предложили использовать для обнаружения ориентированные ограничивающие прямоугольники. Например, четырехугольное представление с координатами четырех вершин, которое может иметь проблему несогласованности порядка вершин; метод RPGAOD, анализирующий геометрическое соотношение между ориентированным прямоугольником и его описанным горизонтальным прямоугольником и генерирующий высококачественные ориентированные прямоугольники из горизонтальных якорей всего с пятью параметрами; метод OSKDet, использующий восемь упорядоченных точек (вершины + средние точки) [2].

Значительная вариативность масштабов объектов. Размеры объектов могут варьироваться от десятков до тысяч пикселей, что создает серьезные трудности для обнаружения. Исследователи внедрили сеть пирамиды признаков и механизм контекстного внимания для улучшения извлечения признаков в разных масштабах [3, 4].

Проблема сложного фона и плотного расположения объектов. На спутниковых изображениях объекты часто находятся на фоне сложной среды и могут быть тесно сгруппированы или частично перекрываться, что затрудняет их четкое выделение. Для преодоления этих трудностей исследователи используют механизмы внимания (например, модуль SE), которые помогают модели сосредоточиться на важных участках изображения. Кроме того, применяются методы выравнивания признаков для повышения пространственной согласованности, а также разрабатываются стратегии поэтапного назначения примеров — от грубой оценки к точной, что позволяет эффективнее решать задачу обнаружения объектов в условиях высокой плотности [5].

Выявление малых объектов. Из-за значительной высоты съемки многие целевые объекты занимают лишь небольшое количество пикселей, что приводит к недостаточной выраженности их признаков и снижает вероятность их обнаружения. В качестве решения можно улучшить структуру пирамиды

признаков (например, добавив ветвь с высоким разрешением) и применить специализированные функции потерь (например, фокусирующую или масштабно-зависимую), чтобы повысить чувствительность модели и точность обнаружения мелких объектов.

Эффективность модели и развертывание. Некоторые современные модели становятся все более сложными, требуют больших вычислительных ресурсов и их трудно развертывать на устройствах с ограниченными ресурсами. Поэтому исследователи сочетают облегченные архитектуры моделей, дистилляцию знаний и обрезку моделей для баланса эффективности и точности [6].

Недостаток размеченных данных. Трудности с получением большого количества размеченных спутниковых изображений создают серьезное препятствие. Чтобы снизить зависимость от размеченных данных, исследователи применяют несопровождаемую адаптацию домена, включая выравнивание групповых признаков и минимизацию энтропии, полу- и слабосопровождаемое обучение. Кроме того, развивается под-область обнаружения объектов с малым количеством примеров, позволяющая моделям распознавать новые классы при наличии всего нескольких образцов, где популярным подходом стало применение стратегий метаобучения.

Перспективные направления исследований. На основе существующих исследований, прорывы в этой области ожидаются в следующих направлениях:

- облегчение моделей и периферийное развертывание: дальнейшая оптимизация эффективности моделей для работы в реальном времени на бортовых системах спутников, дронах и других периферийных устройствах;
- интеграция с современными большими моделями: исследование потенциала применения мультимодальных больших моделей для анализа спутниковых изображений [7];
- межмодальное объединение: комбинирование оптических, радиолокационных и лидарных данных для улучшения обнаружения объектов в сложных условиях.

Список источников

- [1] Li K., Wan G., Cheng G., Meng L.Q., Han J.W. Object detection in optical remote sensing images: A survey and a new benchmark. *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.*, 2020, vol. 159, pp. 296–307. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2019.11.023>
- [2] Wang K., Wang Z., Li Z., Su A., Teng X., Pan E., Liu M., Yu Q. Oriented object detection in optical remote sensing images using deep learning: a survey. *Artif. Intell. Rev.*, 2025, vol. 58, art. no. 350. <https://doi.org/10.1007/s10462-025-11256-0>
- [3] Hou L., Lu K., Xue J. Refined one-stage oriented object detection method for remote sensing images. *IEEE Trans. Image Process.*, 2022, vol. 31, pp. 1545–1558. <https://doi.org/10.1109/TIP.2022.3143690>
- [4] Gong C., Lang C., Wu M., Xie X., Yao X., Han J. Feature enhancement network for object detection in optical remote sensing images. *J. Remote Sens.*, 2021, vol. 2021, art. no. 14. <https://doi.org/10.34133/2021/9805389>
- [5] Liu S., Zou H., Huang Y., Cao X., He S., Li M., Zhang Y. ERF-RTMDet: An improved small object detection method in remote sensing images. *Remote Sens.*, 2023, vol. 15, art. no. 5575. <https://doi.org/10.3390/rs15235575>

- [6] Huyan L., Bai Y., Li Y., Jiang D., Zhang Y., Zhou Q., Wei J., Liu J., Zhang Y., Cui T. A lightweight object detection framework for remote sensing images. *Remote Sens.*, 2021, vol. 13, art. no. 683. <https://doi.org/10.3390/rs13040683>
- [7] Jiang H., Yin J., Wang Q. et al. EagleVision: Object-level attribute multimodal LLM for remote sensing. *Arxiv preprint:2503.23330*, 2025. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2503.23330>

Current status of object detection in optical satellite images

Zhao Chenxiao

chch24kim040@student.bmstu.ru

Belov Yuri Sergeevich

ysbelov@bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

Object detection in optical remote sensing images is a key technology in many fields. With the development of deep learning, performance in this field has significantly improved. This article provides a concise overview of the current research status: it begins by analyzing the limitations of early manual feature extraction methods, then focuses on improved methods for solving key challenges, including arbitrary orientation, significant scale variation, complex backgrounds, small objects, model efficiency, and the shortage of annotated data. Finally, promising future research directions are discussed.

Keywords: *optical remote sensing images, object detection, oriented bounding box, deep learning*

УДК 004.932.2

Сравнительный анализ методов Medial Axis и Straight Skeleton

Котенко Никита Алексеевич

nikita_kot2@mail.ru

Гагарин Юрий Евгеньевич

gagarin_ye@bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Проведен сравнительный анализ двух методов скелетного представления форм — Straight Skeleton и Medial Axis. Были рассмотрены их основные концепции, геометрические свойства, алгоритмы построения и вычислительная сложность. Особое внимание уделено ключевым различиям: геометрической природе (прямолинейные отрезки у Straight Skeleton против параболических дуг у Medial Axis), устойчивости к шуму и областям применения. Определены оптимальные сферы использования каждого метода, что поможет в выборе подходящего инструмента для задач компьютерной графики, геометрического моделирования и анализа форм.

Ключевые слова: straight skeleton, medial axis, скелетное представление, геометрическое моделирование, анализ и распознавание форм

В области компьютерной геометрии, обработки изображений и анализа форм существует два фундаментальных метода для получения скелетного представления полигональных фигур: Medial Axis (медиальная ось) и Straight Skeleton (прямолинейный скелет). Оба метода позволяют преобразовать двумерную область в ее одномерное скелетное представление, сохраняя ключевые топологические и геометрические характеристики исходной формы. Несмотря на схожие цели, эти подходы имеют принципиальные различия в своем определении, геометрических свойствах, алгоритмах построения и областях применения. Понимание этих различий имеет решающее значение для выбора оптимального метода в конкретной практической задаче.

Medial Axis, также известная как топологический скелет, была введена Гарри Блюмом в 1967 г. как инструмент для распознавания биологических форм [1]. Она определяется как множество точек внутри фигуры, имеющих более одной ближайшей точки на границе объекта. Альтернативная интерпретация определяет медиальную ось как геометрическое место центров максимальных кругов (или сфер в 3D), которые могут быть вписаны в фигуру и касаются ее границы в двух или более точках. Медиальная ось вместе с функцией радиуса этих максимальных вписанных кругов образует Medial Axis Transform, который является полным дескриптором формы, позволяющим точно восстановить исходный объект [2].

Straight Skeleton был предложен Айхгольцером и другими исследователями в 1995 г. как альтернатива медиальной оси. Его определение основано на процессе непрерывного «стягивания» или «сжатия» полигона, при котором все его ребра движутся внутрь параллельно самим себе с постоянной скоростью. Вершины полигона в этом процессе перемещаются вдоль биссектрис внутрен-

них углов. В ходе этого движения возникают события двух типов: Edge Event (ребро полностью стягивается в точку) и Split Event (движущаяся вершина сталкивается с несмежным ребром, разделяя полигон на две части). Прямолинейный скелет представляет собой множество отрезков, траекторий, которые проходят вершины полигона в процессе этого стягивания [3].

Наиболее существенное различие между методами заключается в геометрической природе образующих их элементов:

- Straight Skeleton состоит исключительно из прямолинейных отрезков. Это делает его структуру геометрически более простой [4];

- Medial Axis, в свою очередь, кроме отрезков, содержит параболические дуги, которые возникают в окрестностях вогнутых (рефлексных) вершин полигона. Наличие криволинейных сегментов усложняет его представление и обработку [1].

Различия в геометрической природе напрямую влияют на алгоритмы построения и их сложность:

- для простого полигона медиальная ось может быть построена за линейное время. Она также тесно связана с диаграммой Вороного границ полигона, что предоставляет эффективные алгоритмы для ее вычисления;

- построение прямолинейного скелета является вычислительно более сложной задачей. Наиболее эффективные из известных алгоритмов для произвольных полигонов имеют субквадратичную сложность. Это связано с нелокальным характером изменений — модификация одной рефлексной вершины может оказывать влияние на удаленные части скелета [4].

Medial Axis известна своей высокой чувствительностью к малым изменениям и шуму на границе объекта. Небольшой выступ или впадина на контуре приводит к появлению дополнительных «спор» в скелете, что может осложнить его последующий анализ [1].

Straight Skeleton считается более устойчивым к подобным помехам. Это связано с тем, что процесс его построения имитирует непрерывное стягивание, которое имеет сглаживающий эффект [4].

Medial Axis по сути является подмножеством множества симметрии и может быть получена как диаграмма Вороного для сегментов, образующих границу полигона.

Straight Skeleton не является диаграммой Вороного в каком-либо смысле. Его биссектрисы являются равноудаленными не до самих ребер, а до прямых, их содержащих, что приводит к иной геометрической структуре. Однако для выпуклых полигонов Straight Skeleton и Medial Axis полностью совпадают.

Несмотря на то, что рассматриваемые подходы служат одной цели — скелетному представлению форм, они являются принципиально разными инструментами с уникальными свойствами. Medial Axis предоставляет метрически точное представление, основанное на расстоянии, и является мощным инструментом для анализа и реконструкции форм, однако может быть чувствителен к шуму. Straight Skeleton, напротив, предлагает более простую и устойчивую геометрию, основанную на топологии и процессе стягивания,

что делает его незаменимым в задачах проектирования, оффсетинга и навигации [5].

Выбор между ними должен основываться на требованиях конкретной задачи: если важна метрическая точность и возможность полного восстановления контура — предпочтительнее Medial Axis. Если же приоритетом является простота геометрии, устойчивость и построение смежных структур, таких как крыши или навигационные пути, то Straight Skeleton оказывается более подходящим решением. Понимание сильных и слабых сторон каждого метода позволяет эффективно применять их в современных системах компьютерной графики, геометрического моделирования и анализа данных.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- [1] Minghao G., Bohan W., Wojciech M. Medial Skeletal Diagram: A Generalized Medial Axis Approach for Compact 3D Shape Representation. *ACM Transactions on Graphics*, 2024, vol. 43, pp. 1–23. <https://doi.org/10.1145/3687964>
- [2] Wouter T., Kreveld C., Geraerts M. The Explicit corridor map: a medial axis-based navigation mesh for multi-layered environments. *Arxiv preprint:10.48550/arXiv.1701.05141*, 2017. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1701.05141>
- [3] Meiqing F., Bing Q., Generating straight skeleton-based navigation networks with Industry Foundation Classes for indoor way-finding. *Automation in Construction*, 2020, vol. 112, no. 4, pp. 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.103057>
- [4] Cheng S.-W., Mencil L.A. A faster algorithm for computing straight skeletons. *ACM Transactions on Algorithms*, 2016, vol. 12, no. 3, pp. 1–21. <https://doi.org/10.1145/2898961>
- [5] Котенко Н.А., Белов Ю.С. Алгоритм построения графа для навигации внутри помещения с использованием метода Straight Skeleton. *Научное обозрение. Технические науки*, 2025, № 2, с. 24–28.

Comparative analysis of the Medial Axis and Straight Skeleton approaches

Kotenko Nikita Alekseevich

nikita_kot2@mail.ru

Gagarin Yuri Evgenevich

gagarin_ye@bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

A comparative analysis of two methods of skeletal representation of shapes — Straight Skeleton and Medial Axis — was carried out. Their basic concepts, geometric properties, construction algorithms and computational complexity were considered. Special attention was paid to key differences: geometric nature (straight line segments in Straight Skeleton versus parabolic arcs in Medial Axis), noise resistance and application areas. The optimal spheres of use of each method were determined, which will help in choosing the appropriate tool for tasks of computer graphics, geometric modeling and shape analysis.

Keywords: *straight skeleton, medial axis, skeletal representation, geometric modeling, analysis and shape recognition*

УДК 004.89

Методы предварительной обработки многозональных изображений для задач классификации покрова местности

Герасимова Софья Вячеславовна

gerasimovasv@student.bmstu.ru

Белов Юрий Сергеевич

ysbelov@bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Рассмотрены методы предварительной обработки многозональных спутниковых изображений, применяемые для задач классификации покрова местности. Представлен анализ ключевых этапов подготовки данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), включая радиометрическую и атмосферную коррекцию, геометрическое выравнивание, устранение шумов и нормализацию спектральных признаков. Обсуждается важность указанных методов и их влияние на точность классификации. Проведенный обзор демонстрирует, что применение комплексного подхода к подготовке спутниковых изображений существенно повышает качество анализа земного покрова и надежность результатов.

Ключевые слова: дистанционное зондирование, многозональные изображения, предварительная обработка, классификация покрова, атмосферная коррекция, нормализация признаков, ГИС

Современные методы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) обеспечивают исследователей большим объемом многозональных данных, содержащих информацию о спектральных характеристиках объектов земной поверхности. Особое значение такие данные имеют для задач мониторинга и классификации покрова местности, оценки состояния сельскохозяйственных угодий и выявления динамики экосистем.

Однако исходные спутниковые снимки часто подвержены влиянию различных искажений — атмосферных эффектов, различий в освещении, шумов сенсора и геометрических смещений. Эти факторы значительно снижают точность последующей классификации и анализа [1]. Поэтому на этапе подготовки данных важнейшее значение имеет их предварительная обработка, направленная на повышение сопоставимости и информативности изображений.

Первым шагом предварительной обработки выступает радиометрическая и атмосферная коррекция. Радиометрическая калибровка предназначена для устранения систематических погрешностей сенсора и перевода цифровых значений в физически осмысленные параметры — радиационную яркость или отражательную способность. При этом учитываются геометрические и временные параметры съемки, такие как угол солнечного освещения, высота солнца над горизонтом и дата наблюдения. Атмосферная коррекция компенсирует влияние рассеяния и поглощения солнечного излучения в атмосфере. Наиболее распространенными подходами являются методы DOS (Dark

Object Subtraction), основанные на вычитании минимальной яркости, а также физические модели, такие как 6S, которые учитывают характеристики атмосферы, аэрозольный состав и водяной пар. В современных продуктах дистанционного зондирования часто применяются автоматизированные алгоритмы атмосферной коррекции, например Sen2Cor для Sentinel-2 и LaSRC для Landsat, позволяющие получать значения отражательной способности, нормированные к поверхности Земли. Корректная атмосферная обработка особенно важна при анализе временных рядов NDVI и других вегетационных индексов, где даже небольшие различия в спектральных значениях могут искажать динамику растительности.

После радиометрической и атмосферной обработки выполняется геометрическая коррекция, необходимая для устранения пространственных смещений, вызванных особенностями орбиты спутника, рельефом местности и геометрией сенсора. Для этого используются опорные точки и цифровые модели рельефа, что позволяет провести ортотекстуальную коррекцию и точно привязать изображение к географическим координатам [2]. Наиболее часто применяются методы аффинного и полиномиального преобразования, а также ортотрансформирование. Результатом является совмещение данных с картографическими проекциями, что обеспечивает возможность интеграции снимков в геоинформационные системы и их совместного анализа с другими пространственными данными.

Одной из наиболее значимых проблем при работе с многозональными снимками остаются шумы и облачность. Шумы сенсора могут проявляться в виде полос, зернистости или аномальных пиксельных значений, что особенно характерно для данных старых спутников. Для устранения подобных артефактов применяются фильтры различного типа — медианный, Гауссов, фильтр Винера или вейвлет-фильтрация. Проблема облачности решается с помощью алгоритмов маскирования, позволяющих автоматически выделять облачные области и тени на основе спектральных признаков [3]. Дополнительно для современных спутников поставляются маски облачности, которые позволяют исключать засвеченные участки сцены на этапе анализа. Качество удаления облачности критически влияет на точность последующего выделения классов растительности, особенно в регионах с высокой влажностью и переменчивой погодой.

Для подготовки данных к машинному обучению или статистической классификации проводится нормализация признаков, то есть приведение всех спектральных каналов и индексов к единому диапазону значений. Это позволяет уменьшить влияние различий в масштабах измерений и обеспечивает более стабильную работу алгоритмов. Часто применяется стандартное z-нормирование, при котором каждому признаку присваивается нулевая средняя и единичное стандартное отклонение.

Если анализ проводится для больших территорий или временных серий, выполняется создание мозаики из космических снимков — объединение нескольких сцен в единое изображение с выравниванием по яркости и кон-

трасту. При этом важно учитывать даты съемок и углы освещения, чтобы избежать спектральных несоответствий между соседними областями [4].

Качество предварительной обработки данных напрямую определяет точность последующей классификации покрова местности. Радиометрическая, атмосферная и геометрическая коррекция, фильтрация шумов и нормализация данных обеспечивают сопоставимость снимков, повышают информативность и позволяют достигать высокой точности классификации. Современные инструменты обработки дают возможность автоматизировать эти процессы и работать с большими объемами данных. Комплексное применение указанных методов создает основу для построения надежных геоинформационных систем мониторинга состояния сельскохозяйственных угодий и анализа изменений земного покрова.

Список источников

- [1] Кулик Е.Н., Гордиенко А.С. *Мониторинг природных комплексов по аэрокосмическим снимкам*. Новосибирск, СГУГиТ, 2022, 102 с.
- [2] Владимиров В.М., Дмитриев Д.Д., Тяпкин В.Н., Фатеев Ю.Л. *Дистанционное зондирование Земли*. Красноярск, СФУ, 2014, 196 с.
- [3] Цветков В.Я., Савиных В.П. *Космическая геоинформатика*. Санкт-Петербург, Лань, 2023, 184 с.
- [4] Лисицкий Д.В. *Геоинформатика*. Новосибирск, СГУГиТ, 2012, 115 с.

Methods of preprocessing multi-zone images for terrain classification tasks

Gerasimova Sofia Vyacheslavovna

gerasimovasv@student.bmstu.ru

Belov Yuri Sergeevich

ysbelov@bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

This article discusses the methods of preprocessing multizonal satellite images used for terrain classification tasks. An analysis of the key stages in the preparation of remote sensing data, including radiometric and atmospheric correction, geometric alignment, noise reduction, and normalization of spectral features, is presented. The importance of these methods and their impact on classification accuracy are discussed. The conducted review demonstrates that the application of an integrated approach to the preparation of satellite images significantly improves the quality of land cover analysis and the reliability of the results.

Keywords: *remote sensing, multi-zone images, preprocessing, classification of the cover, atmospheric correction, normalization of features, GIS*

УДК 004.89

Метрики оценки в задачах генерации SQL на основе естественного языка

Сафронов Никита Сергеевич

safronovns@student.bmstu.ru

Белов Юрий Сергеевич

ysbelov@bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Генерация SQL из естественного языка активно развивается в рамках задачи генерации программного кода на основе естественного языка, однако выбор корректных метрик оценки остается нетривиальной проблемой. В статье проводится анализ основных метрик — от точного совпадения (Exact Match) до оценки по результатам выполнения (Execution Accuracy) и сравнения синтаксических деревьев. Рассмотрены их ограничения, зависимости от схемы базы данных и способность учитывать семантическую эквивалентность. На основе сравнительного анализа сформулированы рекомендации по выбору и комбинированию метрик.

Ключевые слова: генерация SQL, метрики оценки, Exact Match, Execution Accuracy, синтаксическое дерево, семантическая эквивалентность, обработка естественного языка, генерация кода

Генерация программного кода из естественного языка стремительно развивается благодаря достижениям в области глубокого обучения и обработки естественного языка. Одним из наиболее практически значимых направлений в этой области является преобразование текстовых запросов в SQL-выражения (NL2SQL), что позволяет непрограммистам взаимодействовать с реляционными базами данных без знания языка запросов. За последние годы предложено множество архитектур — от sequence-to-sequence моделей до трансформеров и специализированных языковых моделей, обученных на коде. Однако несмотря на прогресс в генерации, остается открытым вопрос: насколько хорошо работает та или иная система? Ответ на него напрямую зависит от выбора метрик оценки качества.

Разнообразие подходов к оценке — от простого синтаксического совпадения до функциональной проверки через выполнение запроса — порождает несопоставимость результатов между исследованиями и затрудняет интерпретацию достижений моделей.

Метрики оценки качества NL2SQL-систем можно разделить на четыре основные категории: синтаксические, семантические, функциональные (основанные на выполнении) и человеко-ориентированные. Каждая категория отражает разный аспект корректности сгенерированного SQL-запроса и имеет свои сильные стороны и ограничения.

Синтаксические метрики оценивают совпадение сгенерированного запроса с эталонным на уровне строк или токенов. Наиболее распространенной является Exact Match (EM) — бинарная метрика, принимающая значение 1

только при полном совпадении текста запроса с эталоном [1]. Несмотря на простоту и воспроизводимость, ЕМ чрезвычайно чувствительна к синтаксически эквивалентным, но формально различным формулировкам (например, изменение порядка условий в WHERE или использование синонимичных конструкций). Альтернативой служат NLP-метрики, такие как BLEU и ROUGE, адаптированные для оценки сходства последовательностей токенов [2]. Однако они плохо учитывают структуру SQL и могут давать высокие оценки синтаксически некорректным или семантически неверным запросам. Более продвинутый подход — сравнение абстрактных синтаксических деревьев (AST) с использованием Tree Edit Distance или подобных мер. Такие метрики устойчивы к поверхностным различиям и лучше отражают структурную близость, но требуют корректного парсинга обоих запросов и не учитывают семантику операций.

Семантические метрики направлены на оценку логической эквивалентности запросов. Примером является Component Matching, при котором отдельно оценивается корректность частей запроса (SELECT, WHERE, GROUP BY и т. д.). Это позволяет выявить частичный успех модели, но игнорирует взаимодействие между компонентами [3]. Более глубокий подход — семантическое сравнение через логическую форму (например, в рамках формализма λ -исчисления или графов зависимостей), однако такие методы сложны в реализации и редко применяются вне узкоспециализированных бенчмарков. Главное ограничение семантических метрик — отсутствие универсального и масштабируемого способа проверки эквивалентности SQL-запросов без их выполнения на данных.

Функциональные метрики, основанные на выполнении запроса, считаются наиболее практичными. Execution Accuracy (EA) измеряет долю случаев, когда результат выполнения сгенерированного запроса совпадает с результатом эталонного на реальных или синтетических данных. EA устойчива к синтаксическим вариациям и отражает реальную применимость запроса [4]. Однако ее значение сильно зависит от наличия и полноты тестовых данных: разные наборы строк могут привести к разным оценкам, а отсутствие данных делает применение EA невозможным. Кроме того, EA не различает ошибки: синтаксически некорректный запрос и семантически неверный, но исполняемый — оба получают оценку 0. Также существует риск «ложно-положительных» совпадений, когда разные запросы дают одинаковый результат на конкретном срезе данных, но не эквивалентны в общем случае.

Человеко-ориентированные метрики включают экспертную оценку читаемости, простоты и корректности запроса, а также юзабилити-тестирование с участием пользователей. Такие оценки наиболее близки к реальному опыту использования, но субъективны, трудоемки и плохо масштабируются, что ограничивает их применение в основном финальной валидацией, а не в процессе обучения или сравнения моделей.

Проведенный анализ показывает, что оценка качества NL2SQL-систем требует многоаспектного подхода, поскольку ни одна из существующих мет-

рик не способна в полной мере отразить корректность, полезность и надежность сгенерированного SQL-запроса. Синтаксические метрики, такие как Exact Match, просты в применении, но чрезмерно строги и игнорируют семантически эквивалентные альтернативы. Семантические методы, включая сравнение AST или компонентный анализ, лучше учитывают структуру запроса, однако не гарантируют функциональной корректности. Функциональные метрики, основанные на выполнении (Execution Accuracy), наиболее приближены к практической применимости, но их значение зависит от качества и полноты тестовых данных и может маскировать логические ошибки. Наконец, человеко-ориентированные оценки, хотя и обладают высокой экологической валидностью, остаются трудно масштабируемыми и субъективными. Необходимо стандартизировать условия оценки — в частности, фиксировать версии схем БД и наборы тестовых данных, чтобы обеспечить сопоставимость результатов между работами.

Список источников

- [1] Zhong V., Xiong C., Socher R. Seq2SQL: Generating Structured Queries from Natural Language using Reinforcement Learning. *Arxiv preprint:1709.00103*, 2017. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1709.00103>
- [2] Papineni K., Roukos S., Ward T., Zhu W.J. BLEU: a Method for Automatic Evaluation of Machine Translation. *Proceedings of ACL*, 2002. <https://doi.org/10.3115/1073083.1073135>
- [3] Liu X., Shen S., Li B. A Survey of Text-to-SQL in the Era of LLMs: Where are we, and where are we going? *Arxiv preprint:2408.05109*, 2024. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2408.05109>
- [4] Chen R., Su Y., Wang C. A Survey on Text-to-SQL Parsing: Concepts, Methods, and Future Directions. *Arxiv preprint:2208.13629v1*, 2022.

Evaluation metrics in natural language-to-sql code generation

Safronov Nikita Sergeevich

safronovns@student.bmstu.ru

Belov Yuri Sergeevich

ysbelov@bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

Natural Language to SQL (NL2SQL) generation is a rapidly advancing subfield of natural language-based code generation; however, the selection of appropriate evaluation metrics remains a non-trivial challenge. This paper presents an analysis of key metrics—ranging from Exact Match to Execution Accuracy and abstract syntax tree comparison—examining their limitations, dependence on database schema, and ability to capture semantic equivalence. Based on a comparative analysis, practical recommendations are formulated for selecting and combining evaluation metrics.

Keywords: SQL generation, evaluation metrics, Exact Match, Execution Accuracy, abstract syntax tree, semantic equivalence, natural language processing, code generation

УДК 004.89

Функциональное моделирование процесса создания интеллектуальной системы на базе нейронной сети

Трибусян Богдан

tribusyanb@student.bmstu.ru

Белов Юрий Сергеевич

ysbelov@bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Рассмотрен процесс проектирования интеллектуальной системы на базе сверточной нейронной сети. Особое внимание уделено функциональному анализу и моделированию процесса создания системы. Приведено концептуальное описание этапов разработки, включая анализ предметной области, проектирование архитектуры нейронной сети, формирование датасетов, обучение и тестирование моделей. Также подчеркнута важность формализации этапов разработки с использованием нотации IDEF0, что способствует повышению прозрачности, управляемости и эффективности всего процесса создания интеллектуальной системы.

Ключевые слова: интеллектуальная система, сверточная нейронная сеть, машинное обучение, моделирование, проектирование

Проектирование является важным технологическим этапом, предшествующим непосредственной реализации. На сегодняшний день стадии реализации многих продуктов достаточно устойчиво закреплены и широко известны, поскольку соответствующие технологии разрабатываются уже не одно десятилетие. Интеллектуальные системы, основанные на использовании нейронных сетей, относятся к новым направлениям, поэтому этапы их создания могут иметь определенные особенности. В связи с этим особое внимание уделяется формализации процесса проектирования, что позволяет структурировать этапы разработки и повысить эффективность получения целевой модели. В данной статье будет рассмотрен функциональный анализ и моделирование процесса создания интеллектуальной системы на базе нейронной сети.

Выполнение операций цветокоррекции является достаточно популярной задачей для нейронных сетей на сегодняшний день, поэтому рассмотрим создание системы именно для этих задач [1, 2]. Одной из распространенных нотаций для функционального моделирования считается IDEF0, в связи с этим все процессы будут описаны в рамках этой нотации [3].

В первую очередь определим концептуальное описание процесса создания в общем виде. Для этого необходимо выявить используемые элементы, механизмы исполнения, источники руководства и ожидаемые результаты.

Механизмами исполнения в данном случае выступают компьютер, программное обеспечение, используемое при разработке и обучении модели, а также серверное оборудование, на котором осуществляется обучение модели и обработка датасетов.

Входами в процесс создания интеллектуальной системы являются датасет изображений и требования к функционалу системы.

В работе целесообразно руководствоваться научной литературой по нейронным сетям, методическими рекомендациями и стандартами машинного обучения, а также документацией используемого программного обеспечения [4].

Ожидаемым результатом будет готовая система, отвечающая требованиям, заявленным на начальном этапе проектирования.

Следующим этапом моделирования будет функциональная декомпозиция — система разбивается на подсистемы и каждая подсистема описывается отдельно.

Основными этапами разработки интеллектуальной системы на базе сверточной нейронной сети являются:

- изучение исследовательских материалов — анализ предметной области, существующих решений и современных моделей нейронных сетей, выявление их особенностей и недостатков [5];

- проектирование и разработка моделей — создание прототипов на основе изученных данных, настройка архитектуры сети и корректировка гиперпараметров с учетом требований к функционалу;

- генерация датасетов — подготовка обучающих и тестовых данных, необходимых для обучения моделей, с учетом требований к качеству и объему данных;

- обучение моделей — загрузка датасетов и моделей, оптимизация весов для минимизации итоговой функции потерь, получение метрик для оценки качества работы сети;

- тестирование результатов — оценка работы модели, проверка соответствия результатами требованиям, при необходимости проведение дообучения. Успешное завершение этапа формирует готовую систему.

Таким образом, после описания всех этапов разработки и моделирования процесса создания можно приступить к непосредственному созданию системы.

Разработка интеллектуальной системы на базе сверточной нейронной сети для выполнения операций цветокоррекции представляет собой последовательный процесс, включающий изучение исследовательских материалов, проектирование и разработку моделей, генерацию датасетов, обучение и тестирование моделей. В результате выполнения всех этапов формируется готовая система, соответствующая требованиям, заданным на этапе проектирования, что обеспечивает эффективность и качество работы модели. Дополнительно важно отметить, что качество проектирования напрямую влияет на производительность и точность итоговой модели, поскольку именно на ранних стадиях закладываются ключевые архитектурные решения. Формализация этапов с использованием нотации IDEF0 позволяет не только визуализировать взаимосвязи между процессами, но и упрощает контроль и оптимизацию разработки. В дальнейшем подобный подход может быть применен и к другим направлениям искусственного интеллекта, обеспечивая

универсальность и воспроизводимость процесса создания интеллектуальных систем.

Список источников

- [1] Afifi M., Brown M.S. Deep white-balance editing. *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 2019. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2019.01251>
- [2] Kučuk A. Performance comparison of classical methods and neural networks for colour correction. *Journal of Imaging*, 2023, vol. 9(10). <https://doi.org/10.3390/jimaging9100214>
- [3] Manenti G., Secchi C., Fantuzzi C. Functional Modelling and IDEF0 to Enhance and Support Process Tailoring in Systems Engineering. *International Conference on Human-Computer Interaction*, 2019. https://doi.org/10.1007/978-3-030-25629-4_33
- [4] MacDonald L., Mayer K. Camera colour correction using neural networks. *Imaging Science and Technology*, 2021. <https://doi.org/10.2352/J.ImagingSci.Technol.2021.65.1.010402>
- [5] Ratnasingam S. Deep Camera: A Fully convolutional neural network for image signal processing. *Arxiv:1908.09191*, 2019. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1908.09191>

Functional modeling of the process of creating an intelligent system based on a neural network

Tribusyan Bogdan

tribusyanb@student.bmstu.ru

Belov Yuri Sergeevich

ysbelov@bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

The article discusses the process of designing an intelligent system based on a convolutional neural network. Special attention is paid to the functional analysis and modeling of the system creation process. A conceptual description of the development stages is provided, including domain analysis, neural network architecture design, dataset generation, training and model testing. The importance of formalizing the development stages using the IDEF0 notation is also emphasized, which helps to increase transparency, manageability and efficiency of the entire process of creating an intelligent system.

Keywords: intelligent system, convolutional neural network, machine learning, modeling, design

УДК 004.85:629.735

Прогнозирование остаточного ресурса авиадвигателей на основе гибридного инжиниринга признаков

Козлова Елизавета Денисовна

kozlovaed@student.bmstu.ru

Грачев Владимир Михайлович

grachevwm@student.bmstu.ru

Гагарин Юрий Евгеньевич

gagarin_ye@bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Рассмотрена задача извлечения информативных признаков из зашумленных данных для прогнозирования остаточного ресурса авиационных двигателей. Представлена гибридная методика инжиниринга признаков, включая временную фильтрацию и последующий спектральный анализ. Показано, что модель градиентного бустинга, обученная на сгенерированных признаках, демонстрирует значимое превосходство по точности и вычислительной эффективности над комплексной архитектурой глубокого обучения.

Ключевые слова: предиктивная диагностика, инжиниринг признаков, спектральный анализ, градиентный бустинг

Введение. В современных системах диагностики и управления техническим состоянием точность прогноза остаточного ресурса оборудования напрямую зависит от качества признаков извлекаемых данных сенсоров. Необработанные временные ряды часто содержат значительный уровень шума, что затрудняет прямое использование данных для обучения модели. Данная работа посвящена разработке и исследованию гибридной методики инжиниринга признаков для повышения качества диагностики турбовентиляторных двигателей на данных NASA Turbofan Jet Engine Dataset [1].

Гибридный инжиниринг признаков. Для извлечения информации о процессе деградации был реализован двухэтапный процесс. Временная фильтрация. Исходные сигналы ключевых датчиков были обработаны цифровым фильтром Баттерворта низких частот. Параметры фильтра были подобраны для эффективного подавления высокочастотного шума при сохранении медленно меняющихся трендов, которые являются основными индикаторами износа [1]. Второй этап — спектральный анализ. Для вибрационных сенсоров, прошедших предварительную фильтрацию, было выполнено быстрое преобразование Фурье (БПФ). БПФ позволяет перейти от временно-го представления сигнала к частотному, выявляя скрытые периодичности, связанные с работой вращающихся компонентов. Для каждого из трехчастотных диапазонов (низкочастотного, среднечастотного, высокочастотного) были вычислены агрегированные статистики (средняя и максимальная амплитуда), что позволило сгенерировать новые признаки, количественно описывающие изменения в вибрационном профиле двигателя [2].

Сравнительный анализ моделей. Для оценки эффективности предложенной методики были сопоставлены два подхода. Глубокое обучение — ком-

плексная нейросетевая архитектура (сочетающая сверточные и рекуррентные слои), обучаемая на необработанных временных последовательностях. Вторым подходом был градиентный бустинг с инжинирингом признаков — алгоритм градиентного бустинга на деревьях решений CatBoost, обучаемый на одномерном векторе, состоящем из отфильтрованных временных и сгенерированных спектральных признаков. Как отмечается в современных исследованиях по прогнозированию остаточного ресурса оборудования, такие ансамблевые методы обеспечивают оптимальный баланс между точностью и интерпретируемостью [3].

В ходе экспериментального анализа подход глубокого обучения продемонстрировал ряд фундаментальных ограничений. Модель требовала высоких вычислительных затрат, а точность сильно зависела от подбора множества гиперпараметров. Ключевым недостатком стала проблема непрозрачности, не позволяющая интерпретировать логику принятия решений, что критически важно для ответственных промышленных применений. По этим причинам подход был признан неоптимальным, и основной фокус исследования был смещен на градиентный бустинг.

Градиентный бустинг, напротив, показал высокую эффективность. Модель, обученная на тщательно подготовленных признаках, продемонстрировала не только высокую скорость обучения, но и превосходную точность. Итоговые метрики качества, усредненные по результатам 5-кратной перекрестной проверки, составили: среднеквадратическая ошибка (корень из среднего квадрата отклонений, RMSE) — 12 циклов; средняя абсолютная ошибка (MAE): 10 циклов. Для качественного анализа адекватности модели было проведено сравнение.



Сравнение распределений истинных и предсказанных значений остаточного ресурса

Распределение истинных значений (синий цвет) имеет характерную структуру: оно практически равномерно в диапазоне от 0 до 124 циклов и имеет резкий пик на отметке 125. Этот пик является следствием предобработки данных, в ходе которой все значения ресурса выше 125 были ограничены этим порогом.

Как видно из рисунка, распределение предсказаний модели (красный цвет) успешно воспроизводит эту сложную структуру. Модель корректно уловила как равномерный характер распределения на большей части диапазона, так и наличие пика в области максимальных значений. Это доказывает, что модель адекватно изучила статистические свойства целевой переменной и не генерирует случайные значения, а следует реальной структуре данных.

Заключение. Проведенное исследование доказывает, что в задачах прогнозирования ресурса сложного оборудования интеллектуальный инжиниринг признаков является более эффективной стратегией, чем использование комплексных моделей глубокого обучения. Предложенная гибридная методика позволяет создать не только точные, но и эффективные решения для систем предиктивной диагностики. В соответствии с современной методологией моделирования динамики остаточного ресурса [4], полученные результаты могут быть использованы при проектировании надежных систем технического обслуживания.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- [1] Saxena A., Goebel K. *Turbofan Engine Degradation Simulation Data Set. NASA Ames Prognostics Data Repository*. URL: <https://c3.ndc.nasa.gov/dashlink/resources/139/> (accessed 06.10.2025).
- [2] Zheng A., Casari A. *Feature engineering for machine learning: principles and techniques for data scientists*. Sebastopol, O'Reilly Media, 2019, 400 p.
- [3] Dorogush A.V., Ershov V., Gulin A. *CatBoost: gradient boosting with categorical features support*. URL: <https://arxiv.org/pdf/1810.11363> (accessed 06.10.2025).
- [4] Dersin P. *Modeling remaining useful life dynamics in reliability engineering*. Boca Raton, CRC Press, 2023, 197 p.

Predicting the remaining useful life of aircraft engines based on hybrid feature engineering

Kozlova Elizaveta Denisovna

kozlovaed@student.bmstu.ru

Grachev Vladimir Mikhailovich

grachevvm@student.bmstu.ru

Gagarin Yuri Evgenievich

gagarin_ye@bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

The article addresses the problem of extracting informative features from noisy data for predicting the remaining useful life of aircraft engines. A hybrid feature engineering methodology is presented, including temporal filtering followed by spectral analysis. It is demonstrated that a gradient boosting model trained on the generated features exhibits significant superiority in both accuracy and computational efficiency compared to a complex deep learning architecture.

Keywords: *predictive maintenance, feature engineering, spectral analysis, gradient boosting*

УДК 004.4

Оценка эффективности и выбор оптимального HTR-решения для автоматического распознавания рукописных данных специализированных документов

Вершинин Евгений Владимирович

vershinin@bmstu.ru

Русин Ярослав Юрьевич

rusin.yaroslav02@mail.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Рассмотрено современное состояние решения проблемы автоматического распознавания рукописных данных и специализированных документов. Обоснована необходимость перехода от ручного ввода, являющегося источником ошибок, к технологиям распознавания рукописного текста. Рассмотрены факторы, влияющие на точность офлайн-распознавания. В рамках исследования проведен сравнительный анализ четырех инструментов для распознавания рукописного текста, отобранных по критериям доступности и релевантности. Сделаны выводы, что локальные модели неэффективны без специализированного дообучения в отличие от онлайн-сервисов, предоставляющих более точное распознавание и более высокую скорость обработки запроса.

Ключевые слова: технология распознавания рукописного текста, цифровизация бумажных документов, сравнительный анализ, ошибка символов, ошибка слов

Рукописный ввод данных, несмотря на цифровую эпоху, сохраняет высокую значимость, особенно в таких критически важных отраслях, как здравоохранение, государственное управление и банковское дело. Документы, заполняемые от руки остаются неотъемлемой частью повседневной работы. Традиционный ручной ввод этих данных — процесс трудоемкий, медленный и является источником ошибок, что приводит к финансовым убыткам и сбоям. Увеличение объемов документопотока пропорционально обостряет эти проблемы, стимулируя современные организации к поиску решений для автоматизации.

Технология распознавания рукописного текста предлагает автоматическое извлечение и проверку данных из рукописных документов с последующим преобразованием в электронный формат, что позволяет сократить ручной труд и минимизировать риск ошибок. При внедрении такой автоматизации предприятия сталкиваются с рядом ключевых проблем: выбор оптимального HTR-движка с учетом требований к точности, скорости и безопасности; неоднородность и структурная сложность документации; а также масштабируемость решения для обработки высокого документопотока [1, 2].

Выбор надлежащего средства распознавания требует учитывать такие факторы, как точность распознавания символов, скорость вычислений и удобство интерфейса. В контексте работы с конфиденциальной информацией, такой как медицинские данные, возникает стратегическая задача выбора между облачными (OCR/HTR-сервисами) и автономным (локальным) про-

граммным обеспечением. Для целей данной работы выбран офлайн-режим распознавания, преобразующий рукописные данные из растровых изображений (сканов), что является ключевым этапом цифровизации бумажных документов [3].

В работе были поставлены следующие задачи:

- систематизировать и проанализировать алгоритмические этапы работы общих моделей распознавания рукописного текста (HTR-конвейера);
- выполнить анализ рынка и возможностей популярных коммерческих онлайн-сервисов и автономно развертываемых моделей HTR;
- провести сравнительный анализ (бенчмаркинг) отобранных HTR-моделей и сервисов по ключевым метрикам точности на целевом корпусе данных;
- на основе полученных результатов определить оптимальное HTR-решение, соответствующее требованиям высокой точности и простоты интеграции для автоматизации документооборота

Несмотря на то что инструменты распознавания содержат предобученные модели для быстрого развертывания, достижение максимальной точности распознавания символов требует индивидуального обучения (или дообучения) HTR-моделей, особенно при использовании локального развертывания [4].

Анализ алгоритмических этапов работы общих архитектур HTR позволяет выделить два фундаментальных этапа: обучение и тестирование. В рамках этапа обучения важное значение имеют предобработка изображения и извлечение признаков. Именно на основе этих признаков нейронная сеть выучивает закономерности, которые в последующем определяют точность распознавания [1].

Проведен анализ известных онлайн-сервисов и автономных моделей из которых были отобраны наиболее релевантные: Rehand.ru, Yandex Vision OCR, Tesseract и PaddleOCR. Сравнительный анализ которых (см. таблицу) выявил существенное отставание автономных (локальных) моделей от онлайн-сервисов по ключевым параметрам. В частности, локальные HTR-решения продемонстрировали недостаточную производительность и неудовлетворительную точность по стандартным метрикам CER (Character Error Rate — ошибка символов) и WER (Word Error Rate — ошибка слов) без специализированного дообучения, что исключает их использование для достижения поставленных целей.

Yandex Vision OCR может рассматриваться как приемлемый компромисс исключительно в сценариях высокого объема документооборота, где важность абсолютной точности снижена. Однако сложности с интеграцией из-за неочевидного API-интерфейса могут стать сдерживающим фактором.

Таким образом, оптимальным решением для достижения целевых показателей точности и обеспечения простоты интеграции признан онлайн-сервис Rehand.ru, который продемонстрировал наилучшие значения метрик CER и WER и обладает наиболее интуитивно понятным API-интерфейсом. Даже при высокой точности распознавания невозможно полностью исключить

остаточные ошибки. В словах могут быть неправильно распознаны отдельные символы или нарушен их порядок. В таких случаях важную роль играет постобработка.

Результаты бенчмаркинга моделей/онлайн-сервисов для распознавания рукописного текста

Модель/Сервис	CER, %	WER, %	Скорость распознавания, с	Примечания
Rehand.ru	5,2	12,8	0,62	Высокая точность для современного русского почерка
Yandex Vision OCR	11,5	21,1	0,52	Точность ниже, чем у специализированных HTR-решений, но хорошая скорость
Tesseract	35,0	55,4	0,85	Низкая точность без специализированного дообучения
PaddleOCR	20,1	29,5	0,81	Средняя точность без специализированного дообучения

Применение лингвистических модулей, таких как синтаксический и семантический анализ и технологии обработки естественного языка (NLP), позволяет корректировать орфографию и пунктуацию, а также исправлять ошибки распознавания, основываясь на смысле всего предложения [2, 3].

Список источников

- [1] AlKendi W., Gechter F., Heyberger L., Guyeux C. *Достижения и проблемы в области распознавания рукописного текста: подробный обзор*. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10817575/#B18-jimaging-10-00018> (дата обращения 12.09.2025).
- [2] *Handwriting Recognition: Benefits, Challenges, and the Role of AI*. URL: <https://www.instabase.com/blog/handwriting-recognition-ai> (accessed 20.09.2025).
- [3] Cem Dilmegani *Сравнение систем распознавания рукописного текста: LLM против OCR*. URL: <https://research.aimultiple.com/handwriting-recognition> (accessed 21.09.2025).
- [4] Li M., Chen J., Cui L., Lu Y., Florencio D., Zhang C., Li Z., Wei F. *Av-reasoner: Improving and benchmarking clue-grounded audio-visual counting for mllms*. URL: <https://arxiv.org/pdf/2604.16617> (accessed 21.09.2025).

Assessment of effectiveness and selection of the optimal HTR solution for automatic recognition of handwritten data in specialized documents

Vershinin Evgeny Vladimirovich

vershinin@bmstu.ru

Rusin Yaroslav Yurievich

rusin.yaroslav02@mail.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

The current state of solving the problem of automatic recognition of handwritten data and specialized documents is considered. The necessity of switching from manual input, which is a source of errors, to handwriting recognition technologies is substantiated. The factors influencing the accuracy of offline recognition are considered. The study conducted a comparative analysis of four handwriting recognition tools, selected according to accessibility and relevance criteria. It is concluded that local models are ineffective without specialized training, unlike online services that provide more accurate recognition and faster query processing speed.

Keywords: *handwriting recognition technology, digitalization of paper documents, comparative analysis, character error rate, word error rate*

УДК 004.89

Применение искусственного интеллекта в современных системах Enterprise Resource planning и Customer Relationship Management

Карпов Валерий Александрович flint.flf@mail.ru

Гагарин Юрий Евгеньевич gagarin_je@bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Рассмотрена роль искусственного интеллекта (ИИ) в современных ERP и CRM системах. Целью исследования является получение представления об актуальных технологиях и методах на основе опыта интеграции ИИ в современные системы. Рассмотрены основные применения ИИ в ERP и CRM системах, такие как персонализация клиентского опыта, автоматизация службы поддержки, точное прогнозирование, контроль состояния оборудования, интеллектуальное управление финансами. Также будут освещены основные проблемы, связанные с интеграцией ИИ.

Ключевые слова: ERP, ИИ, CRM, обучение, прогнозирование, цифровая трансформация бизнеса, CX, оптимизация цепочек поставок, автоматизация, машинное обучение, NLP

Сегодня сложно представить эффективную компанию без таких технологических столпов, как ERP (управление ресурсами предприятия) и CRM (управление взаимоотношениями с клиентами). Эти платформы служат цифровым хребтом бизнеса, накапливая колоссальные объемы информации. Однако их ключевая функция эволюционировала от простого сбора данных к извлечению из них стратегических инсайтов. Именно искусственный интеллект (ИИ) выступает катализатором этой трансформации, превращая привычные системы учета в проактивные платформы, способные к прогнозированию. Благодаря ИИ компании выходят за рамки автоматизации, создавая адаптивные и самообучающиеся организационные структуры [1].

CRM-системы представляют собой программные решения, сфокусированные на управлении всем циклом взаимодействия с клиентами. Их основная задача — стимулировать рост продаж и улучшить сервис через централизацию клиентской информации и автоматизацию смежных процессов.

Традиционно CRM выступала в роли «единой памяти» компании о клиенте, фиксируя каждый контакт — от первого обращения до постпродажного обслуживания. Внедрение ИИ обогатило этот исторический архив прогнозной аналитикой и интеллектуальной автоматизацией, что принципиально увеличивает эффективность коммерческих и маркетинговых подразделений. Среди наиболее значимых инноваций можно выделить:

– алгоритмы машинного обучения, анализируя архив успешных и неудачных сделок, выявляют скрытые закономерности и портрет «идеального клиента». Это позволяет менеджерам концентрироваться на самых перспективных лидах и применять наиболее результативные тактики. Согласно ис-

следованию Salesforce State of Sales, высокоэффективные команды в 2,8 раза активнее используют прогнозную аналитику на базе ИИ [2];

– ИИ поднимает клиентский опыт на новый уровень. Система в реальном времени отслеживает поведение пользователя на цифровых площадках, чтобы предлагать релевантный контент и персональные предложения. Кроме того, современные алгоритмы проводят семантический анализ обратной связи, распознавая не только факты, но и эмоциональный окрас высказываний. Это дает компаниям возможность не просто решать проблемы, а проактивно формировать лояльность, что становится решающим конкурентным преимуществом [3];

– чат-боты, использующие NLP (обработку естественного языка), autonomously справляются до 80 % типовых запросов. Более продвинутые ассистенты, такие как Einstein GPT (Salesforce) или Copilot (Microsoft Dynamics 365), способны анализировать интонацию в разговоре, подсказывая агенту оптимальные ответы, а также автоматически составлять краткую сводку по итогам диалога [4].

В то время как CRM ориентирована на внешние коммуникации, ERP-системы нацелены на внутреннюю операционную деятельность. Это комплексные платформы, объединяющие управление финансами, закупками, производством, складом, персоналом и логистикой в единое информационное пространство, обеспечивая сквозную прозрачность и повышая общую эффективность.

Интеграция ИИ дает новый импульс развитию ERP, трансформируя их из пассивных хранилищ данных в активные системы, способные на автономные решения и глубокую оптимизацию бизнес-логики [5]. Вот ключевые примеры применения:

– ИИ-модели, обрабатывая внутренние данные и внешние факторы, с высокой точностью предсказывают рыночный спрос. Это позволяет идеально балансировать уровни запасов, сокращая издержки на хранение и предотвращая недополученную прибыль. Например, John Deere использует ИИ для регионального прогнозирования спроса на запчасти, что значительно повысило эффективность логистики [1];

– анализируя данные с датчиков оборудования, ИИ предсказывает вероятные сбои до их возникновения. Это позволяет перейти от планового ремонта к обслуживанию по фактическому состоянию, минимизируя простои. Исследования подтверждают, что интеграция ИИ в производственные модули (MES) позволяет не только предвидеть поломки, но и автоматически перенастраивать технологические цепочки для их предотвращения [6];

– ИИ автоматизирует рутинные операции (сверка счетов, обработка накладных) с помощью компьютерного зрения и NLP. В сфере финансовой безопасности алгоритмы в режиме реального времени выявляют аномальные транзакции и подозрительные паттерны, незаметные для человеческого глаза. Платформа SAP S/4HANA, к примеру, включает встроенные функции машинного обучения для автоматизации учета и обнаружения финансовых аномалий [7].

Несмотря на огромный потенциал, внедрение ИИ-решений сопряжено с рядом серьезных барьеров, среди которых [4, 6]:

- острая нехватка специалистов, способных разрабатывать, внедрять и интерпретировать результаты работы ИИ-моделей;

- сложность и частое отсутствие объяснимости решений, принимаемых нейросетевыми моделями, что порождает проблемы с доверием и затрудняет аудит;

- высокая стоимость и техническая сложность интеграции в существующие ИТ-инфраструктуры.

В перспективе наблюдается тенденция к конвергенции ERP и CRM в единые экосистемы, объединенные мощью искусственного интеллекта. Такие лидеры рынка, как Microsoft, Salesforce и Oracle, уже создают решения, где данные о клиентском поведении из CRM бесшовно интегрируются с операционной информацией из ERP. В этой новой парадигме ИИ становится центральным аналитическим центром, который не просто готовит отчеты, а генерирует готовые сценарии действий, переводя управление бизнесом на уровень проактивного и интеллектуального принятия решений.

Список источников

- [1] *AI in ERP*. URL: <https://www.ibm.com/think/topics/ai-in-erp> (accessed 17.10.2025).
- [2] *State of Sales*. URL: https://www.salesforce.com/content/dam/web/en_us/www/images/form/pdf/pdf/state-of-sales-report-salesforce.pdf (accessed 15.10.2025).
- [3] *AI in Customer Experience: Where are we now and where are we going?* URL: <https://www.cxtoday.com/event-news/cx-day-2025-the-state-of-customer-experience-and-why-its-at-a-tipping-point/> (accessed 15.10.2025).
- [4] *Salesforce announces Einstein GPT for service and new service automation capabilities powered by data cloud*. URL: <https://www.salesforce.com/news/stories/einstein-gpt-service-cloud-news/> (accessed 15.10.2025).
- [5] *Artificial intelligence in enterprise resource planning: a systematic review of innovations, applications, and future directions*. URL: https://www.researchgate.net/publication/388156032_Artificial_Intelligence_in_Enterprise_Resource_Planning_A_Systematic_Review_of_Innovations_Applications_and_Future_Directions (accessed 15.10.2025).
- [6] *Integration of Artificial Intelligence (AI) in Enterprise Resource Planning (ERP) Systems: opportunities, challenges, and implications*. URL: https://www.researchgate.net/publication/387667312_Integration_of_Artificial_Intelligence_AI_in_Enterprise_Resource_Planning_ERP_Systems_Opportunities_Challenges_and_Implications (accessed 15.10.2025).
- [7] *SAP Cloud ERP: Finance*. URL: <https://www.sap.com/uk/products/erp/s4hana/features/finance.html> (accessed 15.10.2025).

The application of artificial intelligence in modern enterprise resource planning and customer relationship management systems

Karpov Valerii Alexandrovich

flint.flf@mail.ru

Gagarin Yuri Evgenievich

gagarin_ye@bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

This article examines the role of artificial intelligence (AI) in modern ERP and CRM systems. The study aims to develop an understanding of current technologies and methods based on the experience of integrating AI into modern systems. The paper will review the primary applications of AI in ERP and CRM systems, such as: personalization of customer experience, support service automation, accurate forecasting, equipment condition monitoring, and intelligent financial management. The main challenges associated with AI integration will also be addressed.

Keywords: ERP, AI, CRM, learning, forecasting, business digital transformation, CX, supply chain optimization, automation, machine learning, NLP

УДК 004.057

О некоторых аспектах развития безопасности информационных сетей

Красавин Евгений Васильевич

e.krasavin@bmstu.ru

SPIN-код: 7739-4837

Полпудников Сергей Викторович

polpud@bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Рассмотрены вопросы безопасного обмена данными. На основе анализа существующих на настоящий момент возможностей алгоритма симметричного шифрования AES с использованием не самого мощного ключа 128 бит проведена оценка возможности вскрытия зашифрованного сообщения методом перебора всевозможных вариантов, включая использование квантовых компьютеров. Показано, что для вскрытия шифра AES на земле не существует ресурсов для вскрытия его грубой силой. Сделаны выводы, что на сегодняшний день AES, правильно реализованный и с ключом достаточной длины (128 бит и более), остается одним из самых безопасных и надежных шифров в мире.

Ключевые слова: ключ шифрования, квантовые компьютеры, кубиты, информационная безопасность, атака

Первая четверть XXI века характеризуется стремительным развитием информационных технологий, интернета, в первую очередь промышленного, достижения которых на данный период времени определяют вектор их дальнейшего развития. А для осуществления взаимодействия между множеством устройств и элементов требуются технологии безопасного обмена данными.

Появившиеся относительно недавно квантовые сети обладают огромным потенциалом в области информационных технологий и коммуникаций. Использование квантовых технологий соответствует этим требованиям.

Рассмотрим наиболее распространенный алгоритм симметричного шифрования AES [1]. Чтобы не обострять восприятие возьмем для AES не самый мощный ключ 128 бит. Попробуем примерить на себя одежду криптоаналитика и зададимся целью вскрыть зашифрованное AES сообщение методом грубой силы, то есть перебором всевозможных вариантов.

Количество возможных ключей $2^{128} \approx 3,4 \cdot 10^{38}$. Это очень большое число. Как в свое время делали заметки об алгоритме DES, для взлома шифрограммы, зашифрованного DES [1], нет на Земле ресурсов, чтобы решить эту задачу. Но прошло время и научно-технический прогресс в 90-х годах прошлого столетия вскрыл DES за месяц. И так в развитии этого появился шифр AES [2].

Оценим время метода грубой силы. Прикинем время для AES-128. Для этого будем использовать гипотетические сверхмощные вычислительные системы. Допустим одна машина может проверять 1 миллиард (10^9) ключей в секунду. Возьмем 1 миллион таких машин, работающих параллельно. Тогда

примерно можно вычислить скорость перебора — 10^{15} ключей/с. И соответственно общее время перебора всех ключей будет — 10^{23} с, или 10^{16} лет. Для сравнения: возраст Вселенной оценивается примерно в 13 миллиардов лет ($13 \cdot 10^{10}$ лет). То есть для победы над AES для вскрытия шифра AES на земле не существует ресурсов для вскрытия его грубой силой. Но можно рассмотреть реальные угрозы AES: побочные каналы атак, слабая реализация программного кода, субъективный фактор, ну и будущая конкуренция квантовых компьютеров [3].

В будущем, с появлением достаточно мощных квантовых компьютеров [4], алгоритм Гровера может кратно ускорить перебор. Это квантовый алгоритм, предназначенный для поиска элемента в неупорядоченной базе данных. Но для его реализации необходимы огромные ресурсы. Алгоритм Гровера требует огромного количества кубитов высокого качества (с низким уровнем ошибок). Для атаки на AES-128 могут потребоваться тысячи, а возможно, и миллионы логических кубитов (после коррекции ошибок), что на порядки превосходит возможности современных квантовых компьютеров (которые имеют несколько сотен физических кубитов с высоким уровнем шума). Создание достаточно большого и стабильного квантового компьютера для взлома AES-128 — это задача на несколько лет. Современные реализации кубитов — это активно развивающаяся область. Существует несколько технологий реализации кубитов [5]:

- сверхпроводящие кубиты (Superconducting qubits) (Google, IBM, Rigetti, IQM). Это микроскопические сверхпроводящие электрические контуры (на чипе, похожем на классический процессор), охлажденные до температур near absolute zero (~ 10 – 15 милликельвин). В этих условиях контур ведет себя как квантовый объект, и его энергетическим состоянием (0, 1 или суперпозицией) можно управлять с помощью микроволновых импульсов;

- ионные ловушки (Trapped Ions) (Quantinuum (ранее Honeywell), IonQ, Alpine Quantum Technologies.). Отдельные ионы (атомы с электрическим зарядом) удерживаются в пространстве с помощью электромагнитных полей в вакуумной камере. Кубитами являются электронные состояния этих ионов (например, основное и возбужденное). Управление осуществляется с помощью лазерных импульсов;

- нейтральные атомы (Neutral Atoms) (Atom Computing, Pasqal, QuEra). Вместо ионов используются нейтральные атомы (например, цезия или рубидия), которые удерживаются на месте с помощью highly focused laser beams called optical tweezers. Кубиты кодируются во внутренних энергетических состояниях атомов (ядерных спинах). Для взаимодействия кубитов атомы сближают или используют т.н. Ридберговские состояния;

- полупроводниковые / кремниевые спиновые кубиты (Semiconductor Spin Qubits) (Intel, Silicon Quantum Computing (Австралия), QuTech (Нидерланды)).

Главная проблема всех современных кубитов — это шум и ошибки. Они неидеальны и быстро теряют информацию. Решение — это квантовая кор-

рекция ошибок (QEC), где несколько «физических» кубитов объединяются в один «логический» кубит. Поэтому важно оценивать количество логических кубитов для решения конкретных задач и определить задачи, где квантовый компьютер превосходит обычный компьютер.

Моделирование квантовых систем. Моделирование молекулы для разработки новых лекарств или материалов (например, создание более эффективных аккумуляторов или удобрений) на классическом компьютере требует экспоненциально растущих ресурсов.

Факторизация больших чисел. Эта задача лежит в основе взлома RSA-шифрования. Алгоритм Шора на квантовом компьютере решает эту задачу за полиномиальное время, в то время как лучшие классические алгоритмы требуют экспоненциального времени.

Оптимизация и поиск. Алгоритм Гровера дает квадратичное ускорение для перебора в неструктурированной базе данных. Но при этом существуют определенные ограничения квантовых компьютеров:

Декогеренция. Кубиты очень хрупки и теряют свое состояние от малейших шумов (температура, вибрации, ЕМ-поля). Вычисления должны завершиться быстрее, чем произойдет распад квантового состояния;

Коррекция ошибок. Для создания одного стабильного логического кубита могут потребоваться тысячи физических кубитов с низким уровнем ошибок.

Время настройки и выполнения. Подготовка кубитов, запуск алгоритма и считывание результата занимают значительное время. Для простых задач это время может быть больше, чем время решения на классическом компьютере.

Обобщим все предыдущие выкладки. Для атаки на AES-128 могут потребоваться тысячи, а возможно, и миллионы логических кубитов (после коррекции ошибок), что на порядки превосходит возможности современных квантовых компьютеров (которые имеют несколько сотен физических кубитов с высоким уровнем шума). Создание достаточно большого и стабильного квантового компьютера для взлома AES-128 это задача на несколько лет. В будущем, с появлением достаточно мощных квантовых компьютеров, алгоритм Гровера теоретически позволит ускорить перебор квадратично (например, для AES-128 стойкость уменьшится до 2^{64} операций). Это серьезная угроза, но для противодействия ей уже разрабатывается и стандартизируется постквантовая криптография. При этом AES-256 же считается достаточно устойчивым и к атаке Гровера.

Таким образом, на сегодняшний день AES, правильно реализованный и с ключом достаточной длины (128 бит и более), остается одним из самых безопасных и надежных шифров в мире.

Список источников

- [1] Шнайер Б. *Прикладная криптография. Протоколы, алгоритмы, исходные тексты на языке Си*. Москва, Триумф, 2002, 815 с.
- [2] Бабаш А.В., Баранова Е.К., Мельников Ю.Н. *Информационная безопасность. Лабораторный практикум + eПриложение*. Москва, КноРус, 2022, 131 с.

- [3] Зенков А.В. *Основы информационной безопасности*. Москва, Инфра-Инженерия, 2022, 104 с.
- [4] Перри Р. *Элементарное введение в квантовые вычисления*. Долгопрудный, Интеллект, 2015, 203 с.
- [5] Румянцев К.Е. *Квантовые технологии в телекоммуникационных системах*. Екатеринбург, Изд-во Южного федерального университета, 2021, 346 с.

On some aspects of the development of information network security

Krasavin Evgeniy Vasilievich

e.krasavin@bmstu.ru

Polpudnikov Sergey Viktorovich

polpud@bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

Issues related to secure data exchange are considered. Based on an analysis of the current capabilities of the AES symmetric encryption algorithm using a moderate 128-bit key, an assessment is made of the feasibility of cracking an encrypted message by trying all possible options, including the use of quantum computers. It is shown that there are no resources on earth capable of cracking the AES cipher by brute force. It is concluded that, when properly implemented and with a sufficiently long key (128 bits or more), AES remains one of the most secure and reliable ciphers in the world.

Keywords: encryption key, quantum computers, qubits, information security, attack

УДК 004.93

Генеративные модели и большие языковые нейронные сети: сравнительный анализ и примеры применения

Демин Даниил Петрович

demindp1@student.bmstu.ru

Ерохин Илья Игоревич

erokhin_ii@bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Рассмотрены современные генеративные и большие нейронные сети, их классификация по типу входных данных, а также примеры применения в текстовых, мультимодальных и визуальных системах. Представлены модели семейства GPT, Claude, Gemini и диффузионные генеративные модели, включая DALL-E и Stable Diffusion. Показано, что новые версии моделей, такие как GPT-5 и Gemini 2.5, обладают расширенными контекстными окнами, улучшенной генерацией и мультимодальной обработкой. Сделаны выводы о высокой эффективности генеративных архитектур в образовании, медицине, автоматизации и творческих приложениях.

Ключевые слова: генеративные модели, нейронные сети, GPT-5, мультимодальные модели, диффузионные модели

Современные генеративные нейронные сети представляют собой один из наиболее динамично развивающихся сегментов искусственного интеллекта, демонстрируя значительные успехи в обработке текстов, изображений, аудио и видео [1]. Основной тренд последних лет — это рост масштабов моделей, увеличение контекстного окна и интеграция мультимодальных возможностей, что позволяет системам одновременно анализировать и генерировать несколько типов данных [2]. Развитие таких моделей сопровождается улучшением устойчивости к шуму, способности к долгосрочному контексту и снижением частоты ошибок в генерации, что критически важно для применения в реальных условиях.

Генеративные модели можно условно классифицировать по типу входных данных. Текстовые модели на основе трансформеров, такие как GPT-4, GPT-5 и Claude, демонстрируют высокую эффективность в генерации текстов, ведении диалогов, суммаризации и переводе [3]. Диффузионные модели, включая DALL-E, Stable Diffusion и Midjourney, ориентированы на генерацию изображений с использованием вероятностного подхода, постепенно трансформируя шумовое изображение в осмысленное. Мультимодальные системы, такие как GPT-4V и Gemini 2.5, способны одновременно обрабатывать текст, изображения и аудио, а также интегрировать внешние источники данных, что открывает новые перспективы для интерактивного взаимодействия человека и машины [4].

Сравнительный анализ архитектур моделей показывает различия по уровню открытости и доступности. Открытые модели, такие как LLaMA,

Mistral и Falcon, предоставляют исследователям возможность адаптировать архитектуру под свои задачи, обучать специализированные версии и интегрировать модели в собственные системы. Закрытые платформы, включая ChatGPT, Claude и GPT-5, обеспечивают ограниченный доступ к внутренней структуре, но предоставляют удобный интерфейс, высокую точность обработки и регулярные обновления. Развитие подверсий моделей, например GPT-3.5, GPT-4, GPT-4V и GPT-5, сопровождается увеличением контекстного окна, улучшением генерации, интеграцией мультимодальных возможностей и снижением частоты ошибок, отражая тенденцию повышения надежности и гибкости нейронных архитектур [5].

Диффузионные и мультимодальные модели активно применяются в различных областях. В медицине они используются для анализа рентгеновских снимков, МРТ и гистологических образцов, что позволяет ускорить диагностику и повысить точность обнаружения патологий. В творческих индустриях генеративные сети создают изображения, музыку, тексты и видеоконтент, поддерживая новые формы креативного производства. В образовании и научных исследованиях они помогают создавать адаптивные учебные материалы, интерактивные симуляции и инструменты для визуализации сложных данных [6].

Большие языковые модели, такие как GPT-5, обеспечивают высокую когнитивную способность, позволяя автоматически генерировать объяснения, резюмировать длинные тексты, выполнять аналитические задачи и создавать креативный контент. Модели Gemini 2.5 отличаются улучшенной мультимодальной обработкой, способностью к сложным рассуждениям и интеграции внешних знаний, что открывает перспективы для применения в системах поддержки принятия решений, научного анализа и автоматизации бизнес-процессов [7].

Несмотря на впечатляющие результаты, генеративные архитектуры остаются ресурсоемкими и требуют значительных вычислительных мощностей и объема данных для обучения. При этом открытые модели позволяют исследователям экспериментировать с адаптацией архитектур, разрабатывать специализированные решения и интегрировать их в реальные приложения. Активное исследование гибридных подходов и комбинированных моделей (текст, изображение и аудио) позволяет значительно расширить спектр применения генеративных систем, обеспечивая более точное и адаптивное взаимодействие с пользователем [8].

Таким образом, современные генеративные и большие нейронные сети демонстрируют широкий спектр применения — от медицины и образования до творчества и автоматизации. Использование последних моделей, таких как GPT-5 и Gemini 2.5, позволяет значительно повысить эффективность генерации и анализа данных, улучшить качество мультимодальной интеграции и открыть новые возможности для научных исследований, практических приложений и креативных индустрий.

Список источников

- [1] Ярышев С.Н., Рыжова В.А. *Технологии глубокого обучения и нейронных сетей в задачах видеоанализа*. Санкт-Петербург, Университет ИТМО, 2023.
- [2] LeCun Y., Bengio Y., Hinton G. Deep learning. *Nature*, 2015, vol. 521, pp. 436–444. <https://doi.org/10.1038/nature14539>
- [3] *Introducing GPT-5*. URL: https://openai.com/index/introducing-gpt-5/?utm_source=chatgpt.com (accessed 15.09.2025).
- [4] *Gemini 2.5: Our most intelligent AI model*. URL: https://blog.google/technology/google-deepmind/gemini-model-thinking-updates-march-2025/?utm_source=chatgpt.com (accessed 20.09.2025).
- [5] Touvron H. et al. LLaMA 2: Open Foundation and Fine-Tuned Chat Models. *Arxiv preprint:2307.09288v2*, 2023. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2307.09288>
- [6] Ramesh A. et al. Zero-Shot Text-to-Image Generation. *Arxiv preprint:2102.12092*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2102.12092>
- [7] Comanici G. et al. Gemini 2.5: Pushing the frontier with advanced reasoning, multimodality, long context, and next generation agentic capabilities. *Arxiv preprint:2507.06261*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2507.06261>
- [8] Almazrouei E. et al. The Falcon series of open language models. *Arxiv preprint:2311.16867v2*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2311.16867>

Generative models and large language neural networks: comparative analysis and application examples

Demin Daniil Petrovich

demindp1@student.bmstu.ru

Erokhin Ilya Igorevich

erokhin_ii@bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

Modern generative and large neural networks are explored, with a classification based on input data types and examples of their applications in text-based, multimodal, and visual systems. Models from the GPT, Claude, and Gemini families, as well as diffusion-based generative models such as DALL-E and Stable Diffusion, are discussed. Newer model versions, such as GPT-5 and Gemini 2.5, feature extended context windows, improved generation capabilities, and multimodal processing. These generative architectures demonstrate high efficiency in education, medicine, automation, and creative applications.

Keywords: *generative models, neural networks, GPT-5, multimodal models, diffusion models*

УДК 004.89

Механизмы влияния пользователя на контекст изображения при генерации с помощью диффузионных моделей

Левин Артем Олегович

levinao@student.bmstu.ru

Гагарин Юрий Евгеньевич

gagarin_ye@bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Рассмотрены способы влияния человека на процесс генерации изображений с помощью диффузионных моделей. Описаны текстовые и визуальные подсказки, архитектурные элементы (cross-attention, guidance), а также методы расширенного управления — ControlNet и адантеры. Проанализированы сложности интерпретации промптов, управление стилем и риск переобучения. Сделан вывод о важности человеческого контроля для точности, безопасности и практического применения генеративных ИИ. Дополнительно обсуждаются метрики оценки соответствия текст — изображение, обеспечивающие валидацию результатов.

Ключевые слова: диффузионные модели, генерация изображений, управляемый ИИ, подсказки, искусственный интеллект

Диффузионные модели создают изображения на основе крупных наборов данных и условной информации, задаваемой пользователем. Текстовый промт формирует семантический контекст: языковой энкодер преобразует описание в эмбединги, которые направляют синтез. Чем конкретнее промт (объекты, их атрибуты, действия, стиль), тем предсказуемее результат; расплывчатые формулировки повышают вариативность и риск «непопадания» в замысел. Негативные промты позволяют исключать нежелательные признаки [1]. Дополнительно важны технические детали построения текста: токенизация (например, BPE), ограничения длины контекста энкодера и порядок перечисления сущностей, влияющий на распределение внимания по токенам. Практики «веса токенов» (усиление/ослабление отдельных слов), использование шаблонов («prompt templates») и контроль случайного семени повышают воспроизводимость. На этапе инференса выбор сэмплера (DDIM, DPM-Solver++, консистентные модели) и числа шагов также влияет на баланс между точностью и временем генерации.

Визуальные подсказки дополняют текст: в режимах image-to-image и аналогичных пользователь подает эскиз, контур, пример стиля или карту глубины. Это помогает явно задать композицию, позу, палитру и низкоуровневые детали, регулируя степень следования образцу. Комбинация текстовых и визуальных подсказок обеспечивает двуканальный контроль: текст задает высокоуровневую семантику, изображение уточняет структуру и стиль. На практике спектр визуальных условий шире: карты нормалей, сегментации, поздние скелеты, каналы освещения, а также reference-only-режимы для переноса стиля. Важными являются стратегии смещения сигналов (например, расписание силы визуального

условия по шагам диффузии), позволяющие сначала «зацементировать» макрокомпозицию, а затем отпустить детали для повышения естественности.

Ключевым элементом современных T2I моделей является cross-attention, сопоставляющий представления изображения с эмбедами слов промта на каждом шаге диффузии, повышая соответствие результата описанию и позволяя «привязывать» текстовые подсказки к областям изображения [2]. Анализ карт внимания показывает, что ранние шаги закрепляют глобальную раскладку объектов, а поздние — уточняют фактуру и мелкие детали. Методы целенаправленной правки внимания (attention control, prompt-to-prompt, attend-and-excite) позволяют локально усиливать недопредставленные токены и предотвращать «забывание» отдельных объектов, что особенно полезно при множественных сущностях и сложной сцепке предикатов.

Здесь также важен и другой механизм — classifier-free guidance (CFG), регулирующий силу условности: модель смешивает прогнозы с учетом текста и без него с заданным коэффициентом [3]. Увеличение коэффициента повышает соответствие промту, но может снижать разнообразие. Такая архитектурная гибкость упрощает добавление условных модулей без полного переобучения. На практике используют расписания guidance по шагам (высокий CFG в начале и умеренный в конце) и CFG-gescale для борьбы с завышенной контрастностью и выцветанием цветов. Снижение CFG облегчает появление «счастливых» вариаций и снижает артефакты, но требует более строгих визуальных условий для удержания композиции.

Для точного задания позы, геометрии и стиля используются надстройки к предобученным генераторам. ControlNet добавляет к базовой модели сеть, принимающую структурные условия и встраивающую их в процесс, не нарушая исходные веса [4]. Разные модули ControlNet можно комбинировать, надежно фиксируя композицию сцены. Важной деталью является использование «zego-conv» слоев, позволяющих плавно инжектировать условие без разрушения предобученных признаков, а также одновременное подключение нескольких карт (контур + глубина + поза) с весовыми коэффициентами. Такая модульность поддерживает сценарии промышленной разметки, когда условия поступают из внешних сенсоров или движков рендеринга.

Легковесные T2I-адаптеры направляют базовую модель с учетом внешних сигналов и быстро дообучаются под новый тип условия. IP-Adapter позволяет использовать изображение-референс как полноценную мультимодальную подсказку наряду с текстом, разделяя потоки внимания (cross-attention), тем самым предотвращая конкуренцию между ними. Эти подходы расширяют «рычаги» управления без затратного переобучения всей модели и совместимы с ControlNet. На практике применяют семейства адаптеров для раздельного контроля стиля, идентичности и композиции; возможна параллельная или последовательная активация с различными весами. Совместно с методами LoRA и textual inversion это дает тонкую настройку под конкретные домены (например, пиксель-арт или технические схемы) при минимальных вычислительных затратах.

В генерации по сложным промтам с несколькими объектами естественная неоднозначность языка приводит к тому, что модели нередко «забывают» часть условий. Эту проблему смягчают декомпозиция задачи на этапы (например, поочередная генерация фона и ключевых объектов) и привлечение визуальных условий, фиксирующих композицию и позы.

Без явных указаний по стилю модели стремятся к усредненным решениям; попытки смешения стилей часто дают артефакты или приводят к доминированию одного из них. Визуальные референсы и адаптеры повышают предсказуемость стилизации, но слишком жесткий контроль снижает вариативность, поэтому важен баланс между точностью и творческой свободой [5].

Отдельную сложность представляет память моделей и переобучение: диффузионные сети способны непреднамеренно воспроизводить обучающие примеры, что ограничивает новизну и несет правовые риски. Узкоспециализированное дообучение под конкретного пользователя повышает вероятность «забывания» ранее усвоенных распределений. Практически такой подход требует дозированной настройки силы условности (например, коэффициента CFG, весов ControlNet) и применения методик, уменьшающих запоминание.

Наконец, длинные описания и сцены с множеством взаимодействий остаются трудны из-за ограничений контекстного окна и архитектуры; перспективными выглядят более крупные модели с многоэтапными пайплайнами (сначала структура, затем детализация) и интерактивными контурами уточнения, позволяющими по шагам согласовывать результат с замыслом пользователя.

Таким образом, современные диффузионные модели превращают пользователя из наблюдателя в соавтора: текстовые и визуальные подсказки, cross-attention и CFG, а также модули ControlNet и IP-Adapter существенно повышают управляемость генерации. В практических пайплайнах это сочетается с выбором сэмплера, контролем случайного семени, тестами согласованности (например, CLIP-Score, текст-направленные метрики) и процедурами воспроизводимости. Дальнейшее развитие связано с интерактивными и мультимодальными интерфейсами, увеличением контекстных возможностей и комбинированием нескольких каналов контроля. Усиление человеческого влияния на генерацию повышает практическую ценность и надежность систем, превращая «сырые» мощности ИИ в осмысленный инструмент; при этом критически важны вопросы устойчивости к переобучению, приватности данных и стандартизированных протоколов оценки качества для различных доменов применения.

Список источников

- [1] Nichol A., Dhariwal P., Ramesh A. *GLIDE: towards photorealistic image generation and editing with text-guided diffusion models*. URL: <https://arxiv.org/abs/2112.10741> (accessed 16.11.2025).
- [2] Rombach R., Blattmann A., Lorenz D., Esser P., Ommer B. High-resolution image synthesis with latent diffusion models. *CVPR*, 2022, pp. 10684–10695. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2112.10752>

- [3] Zhang L., Rao A., Agrawala M. *Adding conditional control to text-to-image diffusion models*. URL: <https://arxiv.org/abs/2302.05543> (accessed 16.11.2025).
- [4] Ye H., Zhang J., Liu S., Han X., Yang W. *IP-Adapter: text compatible image prompt adapter for text-to-image diffusion models*. URL: <https://arxiv.org/abs/2308.06721> (accessed 16.11.2025).
- [5] Tham Y.F., Kotyan S., Mao P.Y., Vargas D.V. *The challenges of image generation models in generating multi-component Images*. URL: <https://arxiv.org/abs/2311.13620v1> (accessed 16.11.2025).

Mechanisms for user influence on image context in diffusion - based generation

Levin Artyom Olegovich

levinao@student.bmstu.ru

Gagarin Yuri Evgenievich

gagarin_ye@bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

The paper examines ways in which humans can influence image generation with diffusion models. It describes textual and visual prompts, architectural components (cross-attention, guidance), and advanced control methods—ControlNet and adapters. We analyze challenges in prompt interpretation, style control, and the risk of overfitting. We conclude that human control is essential for accuracy, safety, and practical deployment of generative AI. Additionally, we discuss text–image alignment metrics that enable validation of results.

Keywords: *diffusion models, image generation, controllable AI, prompts, artificial intelligence*

УДК 004.89

Разработка системы классификации новостных статей и генерации заголовков с использованием методов обработки естественного языка

Лю Цзялинь lyuts1@student.bmstu.ru

Белов Юрий Сергеевич ysbelov@bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Описано использование передовых компьютерных технологий (глубокое обучение) для автоматической классификации новостных статей и генерации заголовков. Особое внимание уделено двум ключевым инструментам: модели BERT, которая за счет одновременного анализа контекста слова в обоих направлениях позволяет точнее классифицировать статьи, а также модели Transformer, способной эффективно создавать релевантные заголовки на основе содержания текста. Представлены преимущества этих инструментов, а также попытка создания простой системы-прототипа, способной выполнять обе задачи одновременно.

Ключевые слова: классификация новостей, автоматическая генерация заголовков, модель BERT, модель Transformer, глубокое обучение

В условиях информационной перегрузки актуальность задач автоматической классификации новостных материалов и генерации заголовков продолжает неуклонно расти. Данная работа ставит целью систематизировать современные подходы на основе глубокого обучения для решения указанных задач, и в этой области ведется исследование, направленное на использование технологии глубокого обучения для автоматической классификации новостных статей и генерации заголовков. Проанализировать их преимущества и ограничения, а также заложить основу для проектирования автономной программной системы.

Анализ литературы демонстрирует, что с появлением предобученных языковых моделей в области классификации текстов произошел качественный прорыв. Особого внимания заслуживает модель BERT, представленная в работе [0], которая продемонстрировала выдающиеся результаты благодаря применению механизма самовнимания и двунаправленного контекстного кодирования. Данная модель была выбрана благодаря ее выдающимся результатам в области обработки естественного языка, а также наличию многочисленных открытых ресурсов для изучения и использования. В 2018 г. Google представил научному сообществу предобученную языковую модель BERT. Ее появление значительно продвинуло развитие области NLP, установило новые рекорды в множестве задач и стало знаковой вехой в исследованиях. BERT и его производные модели могут применяться практически для любых задач NLP, породив целое поколение предварительно обученных моделей на архитектуре Transformer. Ключевым нововведением которой стала двунаправленная архитектура Transformer. Это позволяет модели при интерпретации каждо-

го слова одновременно анализировать весь окружающий контекст — как предшествующий, так и последующий, формируя целостное представление, в отличие от традиционных подходов, ограниченных только левым контекстом. В заключение можно сказать, что BERT благодаря парадигме «предварительное обучение + тонкая настройка», двунаправленной архитектуре Transformer и задачам предобучения MLM и NSP, предоставил области NLP мощное и универсальное решение, став незаменимым базовым инструментом в современных исследованиях и практических приложениях NLP. Исследования подтверждают, что BERT эффективно улавливает семантические нюансы и синтаксические зависимости, что делает возможным достижение точности классификации свыше 94 % в различных предметных областях 0. Данная модель стала фактическим стандартом для создания высокоточных классификаторов.

В задаче генерации заголовков доминирующей парадигмой стала архитектура «кодер-декодер» на основе Transformer, фундамент которой заложен в 0. Transformer — это архитектура модели глубокого обучения, основанная на самовнимания, которая преимущественно используется для обработки последовательных данных, таких как тексты на естественном языке. Кодировщик преобразует исходный текст в векторное представление, а декодировщик, используя механизм внимания, генерирует результирующую последовательность. Последующие разработки, такие как модель BART, прошли целенаправленную дообучку для задач текстового синтеза, продемонстрировав высокое качество при создании лаконичных и содержательных аннотаций 0. Для оценки качества генерации в научной среде широко применяется метрика ROUGE, измеряющая степень лексического и смыслового соответствия между сгенерированными и эталонными заголовками 0. В заключение можно сказать, что модель Transformer благодаря своей уникальной архитектуре с механизмом самовнимания и возможностями параллельной обработки не только решила фундаментальные проблемы предыдущих моделей, но и стала краеугольным камнем, позволившим всей области обработки естественного языка вступить в «эру больших моделей». Ее влияние глубоко и продолжительно, и на сегодняшний день она остается ключевым двигателем развития искусственного интеллекта.

Несмотря на достигнутые успехи, анализ существующих разработок выявляет ряд проблем. Согласно литературным источникам, такие модели требуют значительных вычислительных ресурсов. В частности, отмечается зависимость качества генерации от объема обучающей выборки, а также вычислительная сложность крупных моделей, что может препятствовать их практическому внедрению. Кроме того, существует потребность в системах, способных не только генерировать заголовки, но и гарантировать их полное соответствие содержанию исходной статьи, минимизируя риски искажения информации.

На основании проведенного анализа в качестве базового решения предлагается использование предобученной модели BERT для классификации статей и архитектуры Transformer для генерации заголовков. Основной задачей является не создание оптимальной системы, а практическая апробация

данных методов на специализированном наборе новостных данных. Предполагается попытка тонкой настройки выбранных моделей для оценки их базовой эффективности в поставленных задачах.

Таким образом, в данном обзоре проанализированы современные достижения в области классификации новостей и генерации заголовков. Полученные выводы формируют теоретическую основу для последующей разработки прототипной системы, направленной на интеграцию преимуществ рассмотренных подходов. Путем изучения многочисленной литературы авторы сосредоточили исследование на двух ключевых моделях — BERT и Transformer. Мы стремимся использовать эти модели для генерации лаконичных и релевантных новостных заголовков. Перспектива работы заключается в экспериментальном подборе и точной настройке моделей для создания сбалансированного и эффективного решения.

Список источников

- [1] Devlin J., Chang M.-W., Lee K., Toutanova K. BERT: Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding. *Proceedings of the 2019 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies*, 2019, vol. 1, pp. 4171–4186.
- [2] Howard J., Ruder S. Universal language model fine-tuning for text classification. *Proceedings of the 56th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics*, 2018, vol. 1, pp. 328–339.
- [3] Vaswani A., Shazeer N., Parmar N. Attention is all you need. *Advances in neural information processing systems*, 2017, vol. 30, pp. 5998–6008.
- [4] Lewis M., Liu Y., Goyal N. BART: Denoising sequence-to-sequence pre-training for natural language generation, translation, and comprehension. *Proceedings of the 58th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics*, 2020, pp. 7871–7880.
- [5] Rush A.M., Chopra S., Weston J. A neural attention model for abstractive sentence summarization. *Proceedings of the 2015 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing*, 2015, pp. 379–389.

Development of a news article classification and headline generation system using natural language processing methods

Liu Jialin

lyuts1@student.bmstu.ru

Belov Yuri Sergeevich

ysbelov@bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

This article discusses how to use advanced computer technologies (deep learning) for automatic news article classification and headline generation. It focuses on two key tools: the BERT model, which enables more accurate article classification through its bidirectional context analysis of words, and the Transformer model, which effectively generates relevant headlines based on text content. The article summarizes the advantages of these tools and presents an attempt to create a simple prototype system capable of performing both tasks simultaneously.

Keywords: news categorization, automatic headline generation, BERT model, Transformer model, deep learning

УДК 004.89

Нейронная коллаборативная фильтрация в современных рекомендательных системах

Живайкин Андрей Сергеевич

zhivaykinas@student.bmstu.ru

Белов Юрий Сергеевич

ysbelov@bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Рассмотрены современные подходы к построению рекомендательных систем на основе методов глубокого обучения. Проанализированы архитектуры нейронной коллаборативной фильтрации (NCF), включая обобщенную матричную факторизацию (GMF), многослойный персептрон (MLP) и гибридную модель NeuMF. Описаны их технические особенности, приведены основные преимущества перед традиционными методами матричной факторизации и показатели повышения точности рекомендаций.

Ключевые слова: коллаборативная фильтрация, нейронные сети, глубокое обучение, рекомендательные системы

Современные рекомендательные системы стоят перед задачей обработки огромных объемов данных о пользовательских предпочтениях и взаимодействиях [1]. Традиционные методы коллаборативной фильтрации, основанные на матричном разложении, хотя и доказали свою действенность, обладают ограничениями в представлении сложных нелинейных зависимостей между пользователями и объектами. В этом контексте использование методов глубокого обучения открывает новые перспективы для создания более точных и индивидуализированных рекомендаций.

Нейронная коллаборативная фильтрация представляет собой общий фреймворк для применения нейронных сетей к задаче коллаборативной фильтрации [2]. Основная идея заключается в замене простого скалярного произведения латентных векторов пользователей и объектов на нейронную архитектуру, способную изучать произвольные функции взаимодействия из данных.

Общая архитектура NCF включает несколько ключевых компонентов [3]:

- входной слой — принимает разреженные векторы пользователей и объектов, представленные в виде бинарного кодирования (one-hot encoding);

- слой эмбедингов — полносвязный слой, который проецирует разреженные представления в плотные векторы. Полученные эмбединги пользователей и объектов можно рассматривать как латентные векторы в контексте модели латентных факторов;

- слой нейронной коллаборативной фильтрации — многослойная нейронная архитектура, которая отображает латентные векторы в оценки предсказаний. Каждый слой может быть настроен для обнаружения определенных латентных структур взаимодействий пользователь-объект;

– выходной слой — выдает предсказанную оценку, и обучение выполняется путем минимизации поэлементной потери между оценкой и его целевым значением.

Из специализированных моделей NCF можно выделить обобщенную матричную факторизацию (GMF), многослойный персептрон (MLP), нейронную матричную факторизацию (NeuMF).

GMF — это самая простая форма нейронной коллаборативной фильтрации. Она работает следующим образом: система берет компактное представление пользователя и компактное представление объекта, а затем перемножает эти два представления поэлементно. Это означает, что каждый элемент вектора пользователя умножается на соответствующий элемент вектора объекта. Полученные произведения затем обрабатываются специальной функцией активации, которая преобразует результат в финальную оценку вероятности. GMF можно рассматривать как нейронную версию классической матричной факторизации, где вместо простого скалярного произведения используется трансформируемое поэлементное умножение.

MLP использует принципиально иной подход — он последовательно обрабатывает объединенные эмбединги пользователя и объекта через множество слоев нейронной сети. На первом этапе система конкатенирует (объединяет в один длинный вектор) представление пользователя и представление объекта. Затем этот объединенный вектор последовательно проходит через несколько слоев нейронной сети, где каждый слой применяет нелинейные преобразования. Каждый слой усложняет и углубляет понимание взаимодействия между пользователем и объектом, захватывая все более тонкие и сложные закономерности. Финальный слой преобразует это глубокое представление в итоговую оценку вероятности.

NeuMF комбинирует сильные стороны обоих предыдущих подходов. Система использует отдельные эмбединги пользователей и объектов для каждого компонента: один набор эмбедингов используется в компоненте GMF (для поэлементного умножения), а другой набор — в компоненте MLP (для глубокой нейронной обработки). Обе ветви параллельно обрабатывают информацию, захватывая как простые линейные взаимодействия (в GMF), так и сложные нелинейные зависимости (в MLP). После этого выходы обеих ветвей объединяются вместе и обрабатываются финальным слоем сети, который синтезирует информацию из обоих подходов в единую итоговую оценку. Такой гибридный подход позволяет модели быть более гибкой и точной.

Эксперименты, проведенные на датасетах MovieLens и Pinterest, показали значительные улучшения по сравнению с современными методами [4]. NeuMF демонстрирует лучшую производительность на обоих датасетах, значительно превосходя методы eALS и BPR в среднем на 4,5 и 4,9 % соответственно.

Ключевые результаты показывают, что использование более глубоких слоев нейронных сетей обеспечивает лучшую производительность рекомендаций, предварительное обучение GMF и MLP компонентов улучшает произ-

водительность NeuMF, и логарифмическая функция потерь с негативной выборкой эффективна для обучения на неявной обратной связи.

Нейронная коллаборативная фильтрация является мощным основанием для нынешних рекомендательных систем. Способность нейронных сетей к моделированию сложных нелинейных взаимодействий делает NCF весьма более выразительной в сравнении с традиционными методами матричной факторизации. Результаты экспериментов подтверждают эффективность подхода и открывают новые возможности для развития интеллектуальных систем рекомендаций.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- [1] Zhang S. et al. Deep learning based recommender system: A survey and new perspectives. *ACM Computing Surveys*, 2017, vol. 52(1), pp. 1–38.
- [2] Koren Y., Bell R., Volinsky C. Matrix factorization techniques for recommender systems. *Computer*, 2009, vol 42(8), pp. 30–37.
- [3] Covington P., Adams J., Sargin E. Deep neural networks for YouTube recommendations. *Proceedings of the 10th ACM Conference on Recommender Systems*, 2016, pp. 191–198.
- [4] Liang D. et al. Variational autoencoders for collaborative filtering. *Proceedings of the 2018 World Wide Web Conference*, 2018, pp. 689–698.

Neural collaborative filtering in modern recommendation systems

Zhivaykin Andrey Sergeevich

zhivaykinas@student.bmstu.ru

Belov Yuri Sergeevich

ysbelov@bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

Modern approaches to building recommendation systems based on deep learning methods are considered. Neural collaborative filtering (NCF) architectures, including generalized matrix factorization (GMF), multilayer perceptron (MLP), and the NeuMF hybrid model, are analyzed. Their technical features are described, the main advantages over traditional matrix factorization methods and indicators for improving the accuracy of recommendations are given.

Keywords: collaborative filtering, neural networks, deep learning, recommendation systems

УДК 004.8

Гибридная модель оценки риска: сочетание машинного обучения и строгих эвристик

Новиков Илья Дмитриевич

novikovid@student.bmstu.ru

Гагарин Юрий Евгеньевич

gagarin_ye@bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Предложена практическая методика вычисления степени риска для населения при природных и техногенных катастрофах на основе гибридного подхода, объединяющего модели машинного обучения и формализованные эвристические правила. Машинное обучение отвечает за выявление скрытых корреляций и адаптацию к динамике данных, а строгие эвристики — за гарантии безопасности и работу в условиях низкой уверенности. Предлагаемая архитектура включает модуль агрегирования данных, ансамблевые предикторы и механизм разрешения конфликтов.

Ключевые слова: гибридная модель, машинное обучение, эвристическое моделирование, разрешение конфликтов, ансамблевые методы

Введение. Оценка риска для населения при природных и техногенных катастрофах требует сочетания точности прогнозов и жесткой гарантийной логики: от решений системы зависят жизни людей и критическая инфраструктура. Машинное обучение хорошо находит сложные пространственно-временные закономерности и адаптируется к новым данным, однако в экстремальных и редких сценариях его выводы могут быть нестабильны и трудно объяснимы [1]. Жесткие эвристики и регламенты, напротив, обеспечивают предсказуемость и соответствие нормам, но часто проигрывают в гибкости и учете скрытых факторов [2]. Вписывая ML-модели в рамки формализованных правил, гибридная методика сохраняет адаптивность и повышает надежность решений: ML формирует вероятностные оценки и ранжирование зон риска, а эвристики действуют как защитный каркас, корректирующий и ограничивающий рекомендации там, где это необходимо. Цель статьи — обосновать гибридную методику оценки степени риска для населения при природных и техногенных катастрофах, сочетающую машинное обучение и формализованные эвристики для повышения точности прогнозов.

Сбор и подготовка данных для оценки риска. Подготовка данных в гибридной системе — это объединение разнотипных потоков в единое согласованное представление, пригодное и для статистического обучения, и для применения формализованных правил. Источники охватывают исторические реестры происшествий, картографические слои инфраструктуры и рельефа, демографические таблицы; все они должны быть приведены к общей пространственно-временной сетке и снабжены минимальным набором метаданных, описывающим точность, частоту обновления и доверие.

Проблема неполноты решается сочетанием статистических методов импутации и физически обоснованных интерполяций, при этом для критичных признаков вводится признак-индикатор доверия к данным, который затем учитывается при комбинировании ML-оценок и эвристик.

Признаки формулируются так, чтобы их можно было напрямую связать с правилами принятия решений — расстояние до водотока или завода, изменение уровня воды за последние 24 часа, ночная и дневная плотность населения, процент уязвимых зданий и т. п. Целевая переменная оформляется в зависимости от задач: от бинарного индикатора необходимости эвакуации до непрерывной оценки вероятности значительного ущерба; источники меток ранжируются по доверенности, и при конфликте предпочтение отдается более надежной верифицированной информации.

Гибридная модель: архитектура и методы интеграции ML и эвристик. Гибридную модель следует рассматривать как рабочую архитектуру, в которой вероятностные предсказания машинного обучения и детерминированные эвристические правила находятся в постоянном диалоге: ML формирует распределения вероятностей по пространственно-временным участкам, а эвристики задают границы.

Эвристическая подсистема содержит формализованные правила вида «если уровень воды превышает X и скорость роста $> Y$ — обязательная эвакуация» и может действовать в двух режимах: корректирующем, когда правило слегка смещает вероятностную оценку модели, и блокирующем, когда правило берет верх над ML, полностью переопределяя автоматическую рекомендацию. Проектирование мета-слоя требует явного задания приоритетов, процедур калибровки и механизма обновления весов: веса могут меняться в зависимости от качества поступающих данных, времени суток и типа угрозы. Важной частью архитектуры является логирование всех промежуточных решений и версионирование правил, чтобы при разборе инцидентов можно было восстановить, почему система приняла то или иное решение.

Наконец, гибридность проявляется не только в слиянии предсказаний, но и в цикле обучения: обнаруженные эвристикой критичные случаи можно использовать как «память» для дообучения моделей, а нестабильные ML-оценки — как повод для пересмотра и уточнения эвристик, что делает систему динамически обучаемой и при этом управляемой [3].

Механизмы разрешения конфликтов, оценка неопределенности и валидация. Конфликты между моделью и правилом должны разрешаться предсказуемо и прозрачно: когда правило срабатывает на основании верифицированных измерений или нормативов, оно получает приоритет; в ситуациях, где данные частично неполные или противоречивые, решение выносится мета-алгоритмом как взвешенная комбинация с явной метрикой доверия.

Оценка неопределенности — ключевой элемент: она представляется в виде доверительных интервалов для вероятностей события, распределений от ансамблей и калиброванных прогнозов, что позволяет операторам видеть не только «риск = 0,7», но и насколько он стабилен. Технически это достига-

ется сочетанием квантильных регрессий и байесовских методов для распределений, а также процедур калибровки для устранения смещения вероятностей [4].

Выбор метрик и порогов происходит с учетом ценности ошибки: ложные отрицания (непредсказанная необходимость эвакуации) обычно имеют куда более высокую цену, чем ложные срабатывания, и это должно отражаться в подборе веса при оптимизации. Если разница во мнениях сохраняется и степень неопределенности высока, система предусматривает эскалацию на оперативную группу или ручную верификацию, фиксируя при этом все источники несогласия для последующего анализа и улучшения логики [5].

Заключение. Гибридный подход, объединяющий машинное обучение и строгие эвристики, предоставляет прагматичное и надежное решение для оценки степени риска населения при природных и техногенных катастрофах: ML извлекает сложные зависимости и дает вероятностные оценки, а строгие правила обеспечивают нормативные гарантии, интерпретируемость и защиту от недопустимых автоматических решений. Реализация требует прозрачной логики слияния предсказаний и правил, а также процедур валидации и мониторинга, дающих операторам понятные объяснения.

Таким образом, внедрение такой системы повышает качество решений по эвакуации и защите инфраструктуры, сокращает риск просчетов и создает основу для ответственного взаимодействия автоматических алгоритмов и людей.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- [1] Березовская Е.А., Крюков С.В. *Системы поддержки принятия решений*. Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет, 2020, 130 с.
- [2] Каширина И.Л., Азарнова Т.В. *Нейросетевые и гибридные системы*. Воронеж, Издательский дом ВГУ, 2014, 79 с.
- [3] *Гибридные и синергетические интеллектуальные системы. VI Всерос. Поспеловская конференция с междунар. уч.: матер.* URL: <https://e.lanbook.com/book/310055> (дата обращения 23.10.2025).
- [4] Новиков Е.А., Шорников Ю.В. *Моделирование жестких гибридных систем*. Санкт-Петербург, Лань, 2021, 420 с.
- [5] Чيو К., Фримэн Д. *Машинное обучение и безопасность: руководство*. Москва, ДМК Пресс, 2018, 390 с.

Hybrid risk assessment model: a combination of machine learning and rigorous heuristics

Novikov Ilya Evgenievich

novikovid@student.bmstu.ru

Gagarin Yuriy Evgenievich

gagarin_ye@bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

The article proposes a practical methodology for calculating the degree of risk to the population in natural and man-made disasters based on a hybrid approach combining machine learning models and formalized heuristic rules. Machine learning is responsible for identifying hidden correlations and adapting to data dynamics, while strict heuristics are responsible for ensuring security and operating in low-confidence environments. The proposed architecture includes a data aggregation module, ensemble predictors, and a conflict resolution mechanism.

Keywords: hybrid model, machine learning, heuristic modeling, conflict resolution, ensemble methods

УДК 004.8

Машинное обучение в построении персонализированных туристических маршрутов

Малинина Ирина Алексеевна

malininaia@student.bmstu.ru

Гагарин Юрий Евгеньевич

gagarin_ye@bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Планирование персонализированных туристических маршрутов требует учета множества разнородных факторов — от погодных условий и логистики до предпочтений пользователя. Однако традиционные экспертные системы, основанные на жестких правилах, оказываются неспособны к адаптации и персонализации в реальном времени. Предложен подход к интеллектуальному планированию на основе машинного обучения, интегрирующий коллективную фильтрацию для выявления скрытых пользовательских предпочтений и глубокое обучение с подкреплением для динамической оптимизации последовательности точек интереса с учетом внешних данных.

Ключевые слова: машинное обучение, персонализация, туризм, планирование маршрутов, динамическая адаптивность

Введение. Современные путешественники сталкиваются с проблемой информационной перегрузки при планировании маршрута, в связи с необходимостью учитывать множество взаимосвязанных факторов: логистику, погодные условия, временные ограничения и личные предпочтения. Существующие автоматизированные системы, основанные на жестких детерминированных правилах, часто предлагают стандартизированные решения, не обладающие необходимой гибкостью для персонализации и адаптации [1]. Одним из перспективных подходов к решению этой задачи является применение методов машинного обучения, способных выявлять скрытые паттерны поведения и динамически оптимизировать маршруты. Цель работы — обоснование интегрированной архитектуры интеллектуального планировщика путешествий на основе машинного обучения, использующей коллективную фильтрацию для персонализации выбора точек интереса и глубокое обучение с подкреплением для решения задачи динамической маршрутизации с интеграцией внешних данных.

Формализация ML-задачи маршрутизации. Исходная система использует внешние данные: явные предпочтения пользователя (город, даты, категории POI, темп, предпочитаемый транспорт), контекстуальные данные (API погоды) и геоинформационные службы (OSRM) для расчета маршрутов и времени в пути. Трансформация системы заключается в переходе от детерминированного механизма выбора (основанного на заданных правилах) к вероятностной модели, где оптимальность маршрута определяется максимизацией обучаемой функции полезности.

TTDP, адаптированная для ML-подхода, требует найти последовательность POI $\{p_1, p_2, \dots, p_n\}$, которая максимизирует совокупную персонализированную полезность при условии, что общее время маршрута, включая время перемещения и время посещения, не превышает заданный суточный лимит. В ML-подходе и персонализация, и маршрутизация выводятся итеративным обучением модели. Это позволяет системе не только находить оптимальные маршруты, но и предвосхищать потребности пользователя, предлагая наиболее релевантные POI. Итеративное обучение гарантирует, что система постоянно совершенствуется, адаптируясь к новым данным. Благодаря этому достигается новый уровень персонализации и эффективности в планировании путешествий.

Переход к ML-подходу позволяет преодолеть основные ограничения экспертных систем, представленных в таблице.

Сравнение парадигм планирования маршрутов

Параметр	Экспертная система	ML-подход
Механизм принятия решений	Жесткие контекстуальные правила	Обученные вероятностные модели
Источники персонализации	Явные предпочтения пользователя	Неявные предпочтения и паттерны поведения других пользователей
Обработка контекста	Реактивность по заданным триггерам	Непрерывная адаптация
Математическая основа	Классические комбинаторные эвристики	Решение TTDP с помощью DL-эвристик
Способность к самообучению	Отсутствует	Наличие непрерывного обучения

Персонализация выбора POI и последовательное прогнозирование.

Первым шагом в построении интеллектуального маршрута является выбор релевантных POI. Экспертная система может использовать только явные категории интересов пользователя, что ограничивает разнообразие рекомендаций. Для достижения глубокой персонализации используется коллективная фильтрация (CF) [2]. CF решает проблему недостаточной информации о явных предпочтениях, анализируя взаимодействие пользователей с POI. Система выявляет латентные векторы интересов, используя матричную факторизацию, и рекомендует POI, которые пользователь, вероятно, оценит. CF не только повышает точность персонализации, но и позволяет рекомендовать неочевидные места, соответствующие неявным паттернам поведения.

Кроме выбора самих POI, критически важным является прогнозирование последовательности посещений. Поскольку маршрут представляет собой временную и пространственную последовательность, необходимо учитывать логическую связность. Для этого используются нейросетевые модели, такие

как Recurrent Neural Networks (RNN) или более сложные архитектуры, включая ATST-LSTM (Attention-based Spatio-Temporal LSTM). Эти модели способны обрабатывать последовательности, учитывая не только тип POI, но и время, расстояние, и предыдущий опыт пользователя. Результатом работы является ранжированный и предварительно упорядоченный список POI, максимизирующий прогнозируемую полезность, который затем передается в оптимизационный модуль.

Динамическая оптимизация маршрутов. Задача динамического планирования маршрута является идеальным кандидатом для обучения с подкреплением, поскольку она представляет собой проблему последовательного принятия решений в постоянно меняющейся среде, где каждое действие влияет на последующие состояния [3]. RL позволяет моделировать сложные поведенческие аспекты, такие как баланс между эффективностью перемещения и удовлетворением от посещения.

Для формализации задачи маршрутизации используется аппарат марковского процесса принятия решений (MDP).

Состояние (S_t). Включает текущую локацию, оставшееся время в маршрутном дне, текущие погодные условия (дождь, температура) и динамические ограничения, предоставляемые OSRM (например, текущий трафик или задержки).

Действие (A_t). Выбор следующего POI из списка, ранжированного CF, с учетом оптимального вида транспорта (если это разрешено предпочтениями пользователя) и времени начала посещения.

Функция награды (R_t). Должна быть сбалансирована для учета как персонализации, так и логистики.

Положительная награда: производная от персонализированной полезности (вычисленной CF) посещенного POI.

Отрицательная награда (штраф): налагается за превышение временных лимитов, неэффективное использование OSRM или выбор POI, резко контрастирующих с текущим контекстом [4].

Именно в этом пункте RL превосходит ИС: вместо жесткого правила, RL обучается оптимальной политике, которая минимизирует негативное влияние контекста на общую полезность.

Выбор алгоритма DRL, такого как DDPG (Deep Deterministic Policy Gradient), позволяет агенту эффективно обрабатывать большие, непрерывные пространства состояний (геокоординаты, время) и действий, что необходимо для тонкой настройки политики маршрутизации [5].

Заключение. Ключевой особенностью предложенной архитектуры является синтез методов машинного обучения для глубокой персонализации и динамической оптимизации. Вместо жестких продукционных правил используется двухуровневый подход: коллективная фильтрация выявляет скрытые предпочтения пользователей, а агент обучения с подкреплением (DDPG) имитирует принятие последовательных решений, балансируя между персонализированной полезностью и логистическими ограничениями. Интеграция с

внешними сервисами (OSRM, погодные API) обеспечивает актуальность данных о логистике и контексте в реальном времени, что критически важно для построения адаптивных маршрутов.

Таким образом, использование машинного обучения, в частности интеграция коллективной фильтрации и глубокого обучения с подкреплением, представляет собой мощный инструмент для решения NP-сложной задачи динамического планирования маршрутов (TTDP) в условиях многокритериальности и большого объема контекстных данных, каким является организация персонализированных путешествий.

Список источников

- [1] Акимов О.Ю. *Интеллектуальные системы*. Москва, Издательский дом МИСиС, 2020, 38 с.
- [2] Артемов М.А., Золотарев С.В., Барановский Е.С. *Машинное обучение*. Воронеж, Издательский дом ВГУ, 2021, 22 с.
- [3] Москвитин А.А. *Данные, информация, знания: методология, теория, технологии*. Санкт-Петербург, Лань, 2023, 233 с.
- [4] Митяков Е.С., Шмелева А.Г., Ладынин А.И. *Искусственный интеллект и машинное обучение*. Санкт-Петербург, Лань, 2025, 252 с.
- [5] Ясницкий Л.Н. *Интеллектуальные системы*. Москва, Лаборатория знаний, 2024, 224 с.

Machine learning in building personalized travel routes

Malinina Irina Alexeevna

malininaia@student.bmstu.ru

Gagarin Yuriy Evgenievich

gagarin_ye@bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

Planning personalized travel routes requires taking into account a variety of diverse factors, from weather conditions and logistics to user preferences. However, traditional expert systems based on strict rules are unable to adapt and personalize in real time. This article proposes an approach to intelligent planning based on machine learning that integrates collective filtering to identify hidden user preferences and deep reinforcement learning to dynamically optimize a sequence of points of interest based on external data.

Keywords: machine learning, personalization, tourism, route planning, dynamic adaptability

УДК 004.89

EduNet: создание образовательной модели фреймворка в сегменте PyTorch и TensorFlow

Питикин Максим Игоревич

pitikinm@gmail.com

Пчелинцева Наталья Ибрагимовна

pchelintseva.n@bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Работа посвящена созданию образовательного фреймворка "EduNet" для изучения глубокого обучения. Ее цель состоит в преодолении высокого порога входа в машинное обучение, связанного с «непрозрачностью» инструментов вроде TensorFlow. "EduNet" в явном виде демонстрирует все механизмы нейронных сетей. Уникальной особенностью является реализация не только классических градиентных методов, но и эвристического генетического алгоритма. Сравнительный анализ с TensorFlow и PyTorch количественно оценил компромисс между прозрачностью кода и скоростью вычислений. "EduNet" представляет собой практический инструмент для учебного процесса.

Ключевые слова: машинное обучение, нейронные сети, фреймворки PyTorch и TensorFlow, полносвязные и сверточные слои, алгоритм обратного распространения ошибки, градиентные методы, эвристический генетический алгоритм

Глубокое обучение — ключевая технология в IT, однако порог входа в эту область высок из-за сложности и абстрактности популярных фреймворков (PyTorch, TensorFlow) [1, 2]. Они работают по принципу «черного ящика», скрывая математические детали за API, что мешает начинающим специалистам понимать фундаментальные принципы работы нейросетей [3]. В данной работе проанализированы существующие фреймворки с образовательной точки зрения. Спроектирован и реализован легковесный фреймворк EduNet с прозрачным кодом. Также реализованы ключевые компоненты: Tensor, слои, тренировочный цикл и оптимизаторы (градиентные и генетический алгоритм [4]). Созданный фреймворк EduNet доказал свою эффективность на задаче MNIST [5]. Проведен сравнительный анализ производительности с одним из самых популярных современных фреймворков TensorFlow [2]. Научная новизна заключается в подходе «прозрачного ящика» и создании инструмента, сочетающего структуру высокоуровневых фреймворков с ясностью низкоуровневых реализаций.

Теоретические основы и анализ предметной области. В главе рассматриваются основы нейронных сетей [3, 6], архитектура сверточных сетей (CNN) с их ключевыми операциями (свертка, объединение) [5, 7], алгоритм обратного распространения ошибки [3, 6] и методы оптимизации (SGD, Adam [8]). Проведен анализ существующих фреймворков.

PyTorch/TensorFlow. Высокопроизводительны, но скрывают вычисления («магия» автодифференцирования), что мешает глубокому пониманию [1, 2].

Numpy/Eigen. Обеспечивают максимальное понимание, так как требуют реализации с нуля, но лишены готовой структуры, что отвлекает от изучения концепций.

Проектирование и реализация фреймворка EduNet. Фреймворк реализован на C++ для развития у студентов фундаментальных навыков программирования. Архитектура модульная и включает:

- Tensor: базовая структура для многомерных данных;
- Layer: абстрактный класс с методами forward() и backward();
- конкретные слои: DenseLayer, Conv2DLayer и др. с явной реализацией логики [5, 7];
- Sequential: контейнер для последовательности слоев;
- Optimizer: классы для обновления весов (SGD, Adam[8]);
- Trainer: высокоуровневый класс, организующий полный и прозрачный цикл обучения (прямой проход, вычисление ошибки, обратный проход, обновление весов).

Особое внимание уделено явной реализации метода backward для сверточного слоя, что позволяет студентам отследить вычисление градиентов по входам и весам, сопоставляя код с математическими формулами [3, 6].

Апробация фреймворка и методические рекомендации. Работоспособность фреймворка была проверена на базовых задачах (решение XOR, демонстрация работы Dropout в режимах train и eval). На основе EduNet разработан комплекс из десяти лабораторных работ, направленных на поэтапное освоение ключевых концепций [3, 5, 6, 8]:

- анатомия обратного распространения ошибки (ручной расчет градиентов);
- свертка как детектор признаков (ручная инициализация ядер);
- влияние функций активации (сравнение Sigmoid и ReLU);
- сила правильной инициализации весов;
- дуэль оптимизаторов: SGD против Adam [8];
- создание собственных компонентов (слой LeakyReLU, L2-регуляризация);
- градиентный спуск против генетической эволюции [4].

Практическая реализация: обучение модели на MNIST. Для демонстрации комплексного применения EduNet была решена задача распознавания рукописных цифр MNIST [5] с помощью CNN-архитектуры, вдохновленной LeNet-5 [5].

Процесс: данные были нормализованы, модель обучалась 5 эпох с оптимизатором Adam [8] и функцией потерь CrossEntropyLoss.

Результат: обучение показало стабильную сходимость. Итоговая точность на тестовой выборке составила 87,91 %, что доказывает корректность реализации всех компонентов фреймворка для сверточных сетей. Динамика обучения представлена на рис. 1. Примеры работы модели показаны на рис. 2.

Сравнительный анализ и уникальные особенности EduNet. Проведен сравнительный анализ производительности с TensorFlow [2] и PyTorch [1] на CPU:

- EduNet: ~152 минуты;
- TensorFlow: ~93 секунды;
- PyTorch: ~99 секунд.

Почти 100-кратный разрыв в скорости является ключевым образовательным моментом, который демонстрирует, что производительность промышленных решений достигается за счет сложных низкоуровневых оптимизаций [1, 2]. EduNet сознательно жертвует скоростью ради максимальной ясности кода, что наглядно представлено на рис. 3.

Уникальная особенность EduNet заключается в реализации генетического алгоритма (`GeneticAlgorithmOptimizer`) [4], который позволяет изучать неградиентные и гибридные методы оптимизации, превращая EduNet из учебного пособия в исследовательский инструмент.

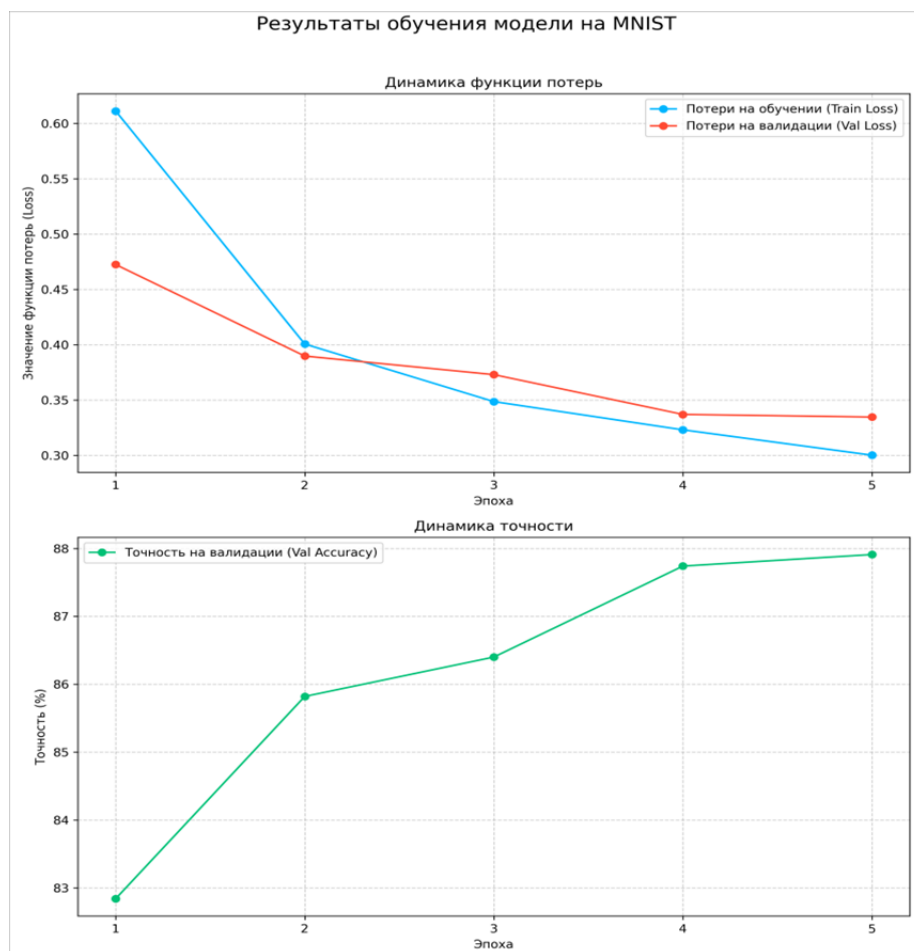


Рис. 1. Графики зависимости функции потерь (Loss) и точности (Accuracy) от эпохи обучения на тренировочной и валидационной выборках

Визуализация примеров из тестового набора MNIST

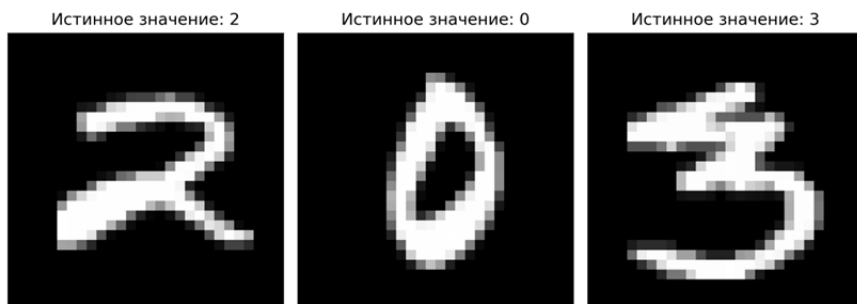


Рис. 2. Примеры визуализации входных изображений и предсказаний модели для цифр 2, 0 и 3

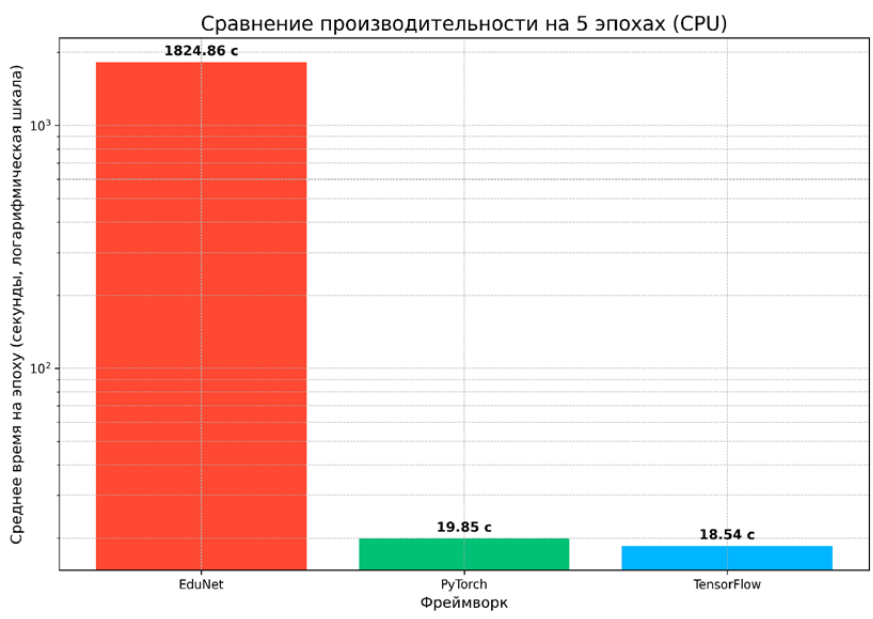


Рис. 3. Сравнительная диаграмма времени обучения одной эпохи на MNIST для EduNet и TensorFlow (CPU)

Заключение. Цель работы достигнута: разработан и апробирован образовательный C++ фреймворк EduNet. Он успешно решает задачу MNIST [5] и демонстрирует компромисс между прозрачностью и скоростью. Практическая значимость заключается в возможности его использования как лабораторного стенда для изучения как градиентных [3, 6, 8], так и эволюционных [4] подходов к обучению нейронных сетей. Дальнейшее развитие лежит

в плоскости оптимизации производительности (im2col), расширения библиотеки слоев (BatchNorm [9]) и разработки гибридных оптимизаторов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- [1] Paszke A., Gross S., Massa F., Lerer A., Bradbury J., Chanan G., Chintala S., et al. PyTorch: an imperative style, high-performance deep learning library. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 2019, vol. 32, pp. 8024–8035.
- [2] Abadi M., Agarwal A., Barham P. et al. TensorFlow: large-scale machine learning on heterogeneous distributed systems. *Arxiv preprint:1603.04467*, 2016. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1603.04467>
- [3] Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. *Deep learning*. Cambridge, MIT Press, 2016, 800 p.
- [4] Eiben A.E., Smith J.E. *Introduction to evolutionary computing*. Berlin, Springer, 2015, 287 c.
- [5] LeCun Y., Bottou L., Bengio Y., Haffner P. Gradient-based learning applied to document recognition. *Proceedings of the IEEE*, 1998, vol. 86, no. 11, pp. 2278–2324.
- [6] Нильсен М. *Нейронные сети и глубокое обучение*. Москва, ДМК Пресс, 2021.
- [7] Krizhevsky A., Sutskever I., Hinton G. E. ImageNet classification with deep convolutional neural networks. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 2012, vol. 25, pp. 1106–1114.
- [8] Kingma D.P., Ba J. Adam: a method for stochastic optimization. *Arxiv preprint*, 2014, no. 1412.6980. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1412.6980>
- [9] He K., Zhang X., Ren S., Sun J. Deep residual learning for image recognition. *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 2016, pp. 770–778.

EduNet: creating an educational model of the framework in the PyTorch and TensorFlow segment

Pitykin Maxim Igorevich

pitikinm@gmail.com

Pchelintseva Natalia Ibragimovna

pchelintseva.n@bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

The work is devoted to the creation of an educational framework “EduNet” for the study of deep learning. Its goal is to overcome the high threshold for entering machine learning associated with the “opacity” of tools like TensorFlow. “EduNet” explicitly demonstrates all the mechanisms of neural networks. A unique feature is the implementation of not only classical gradient methods, but also a heuristic genetic algorithm. Benchmarking with TensorFlow and PyTorch quantified the trade-off between code transparency and computation speed. “EduNet” is a practical tool for the educational process.

Keywords: machine learning, neural networks, PyTorch and TensorFlow frameworks, fully connected and convolutional layers, backward error propagation algorithm, gradient methods, heuristic genetic algorithm

УДК 519.178

Сравнение алгоритмов построения иерархического дерева на основе ациклического орграфа

Иванов Алексей Сергеевич

ivanovas@student.bmstu.ru

Гагарин Юрий Евгеньевич

gagarin_je@bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Построение дерева на основе ориентированного графа является довольно распространенной задачей в области разработки программных систем. Решение данного вопроса требует математической постановки задачи и выявления четких требований к результирующему дереву, а также временной и пространственной эффективности выбранного алгоритма. Данная статья представляет обзор и сравнение существующих групп алгоритмов развертки ориентированных графов в деревья и леса. Рассмотрены их преимущества, недостатки и применимость в реальных задачах на основе метрик производительности.

Ключевые слова: алгоритмы, теория графов, графы, деревья, поиск в ширину, обработка данных

Математическая постановка задачи. Пусть дан ациклический ориентированный граф $G = (V, E)$, где $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ — множество вершин; $E \subseteq V \times V$ — множество ребер. Необходимо построить дерево $T = (V_T, E_T)$, где V_T — множество вершин дерева, а $E_T \subseteq V_T \times V_T$ — множество ребер дерева, причем:

$r \in V_T$ — корень дерева;

$V \subseteq V_T$ (возможны дублирования вершин);

$\forall v \in V_T \setminus \{r\}, \exists! u \in V_T: (u, v) \in E_T$.

Обзор существующих алгоритмов. Среди существующих алгоритмов развертки ациклического орграфа в дерево можно выделить три ключевых подхода.

1. Рекурсивный обход с дублированием вершин. Суть данного метода заключается в устранении множественного наследования путем дублирования общих потомков [1].

Исходный граф обходится с помощью поиска в ширину. Для каждого узла $v \in V$, имеющего родителей $p_1, p_2, \dots, p_k$ ($k > 1$), создаются копии $v_1, v_2, \dots, v_k$. В результирующем дереве каждый родитель p_i будет соединен именно со своей копией v_i . Все исходящие ребра оригинальной вершины сохраняются для каждой копии. Таким образом,

$$V_T = V \cup \{u_i \mid u \in V, \deg^-(u) > 1\};$$

$$E_T = \{(p_i, u_i)\} \cup \{(u_i, c) \mid (u, c) \in E\}.$$

Средняя временная, а также пространственная сложность алгоритма — $O(|V| + |E|)$, однако для графов с большим числом связей нужно делать по-

правку на число создаваемых дубликатов. Данный алгоритм обладает такими преимуществами, как явное представление дерева, сохранение всех путей исходного графа и точный учет множителей. К недостаткам можно отнести экспоненциальный рост вычислительной сложности при большом числе связей.

2. Выбор единственного родителя с построением сверху вниз. Подход основывается на выборе конкретного родителя u для каждой вершины v по определенному критерию $f: (u, v) \rightarrow \mathbb{R}$ [2].

Выбор каждого родителя $p(v)$ вершины v сводится к решению задачи оптимизации (например, минимизации) для выбранного критерия [3]:

$$\forall v \in V, p(v) = \operatorname{argmin}_{u \in \text{Parents}(v)} f(u, v).$$

Таким образом, множество ребер конечного дерева имеет вид:

$$E_T = \{p(v), v \mid v \in V \setminus R\};$$

$$R = \{v \in V \mid \text{Parents}(v) = \emptyset\}.$$

Средняя временная и пространственная сложность алгоритма — $O(|V| + |E|)$. К преимуществам алгоритма можно отнести быстрое выполнение и создание компактного представления. К недостаткам можно отнести потерю информации об альтернативных путях и субъективность выбора родителя.

3. Извлечение покрывающего дерева. Данный алгоритм основывается на построении остовного дерева исходного графа с удалением лишних ребер.

На первом этапе происходит топологическая сортировка вершин [4]. Создается последовательность индексов $\pi: V \rightarrow \{1, 2, \dots, n\}, \forall (u, v) \in E: \pi(u) < \pi(v)$. Далее алгоритм работает аналогично предыдущему алгоритму выбора единственного родителя, используя π в качестве критерия отбора.

Совокупная средняя временная и пространственная сложность алгоритма — $O(|V| + |E|)$. В качестве преимуществ можно выделить эффективность и сохранение достижимости вершин, в качестве ключевого недостатка — утрату альтернативных путей в вершины.

Сравнение алгоритмов. Сравнение рассмотренных выше алгоритмов может быть представлено в виде следующей таблицы.

Сравнение алгоритмов построения дерева на основе орграфа

Алгоритм	Вычислительная сложность	Потребление памяти	Сохранение исходных путей	Субъективность результатов
Дублирование вершин	Высокая (зависит от числа дубликатов)	Высокое (зависит от числа дубликатов)	Полное	Отсутствует, алгоритм детерминирован
Выбор единственного родителя	Средняя	Среднее	Частичное	Высокая, зависит от критерия f

Окончание таблицы

Алгоритм	Вычислительная сложность	Потребление памяти	Сохранение исходных путей	Субъективность результатов
Извлечение покрывающего дерева	Средняя	Среднее	Частичное	Низкая, зависит от топологической сортировки

Наглядное сравнение производительности практических реализаций алгоритмов приведено на рис. 1 и 2.

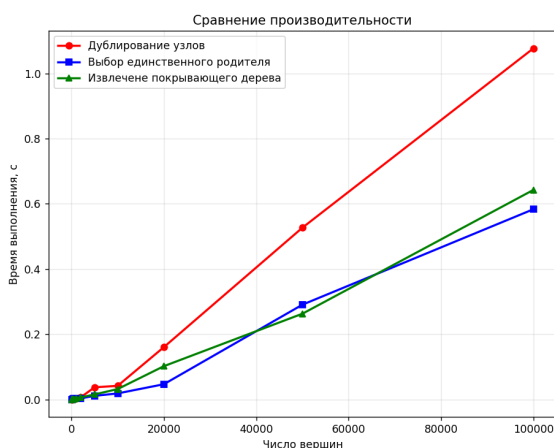


Рис. 1. Сравнение времени выполнения алгоритмов

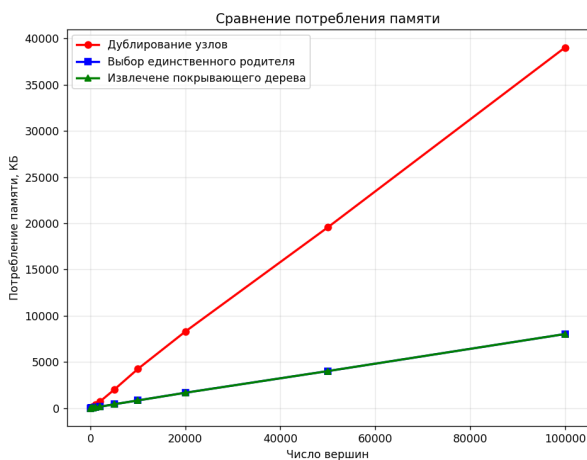


Рис. 2. Сравнение потребления памяти алгоритмами

Заключение. Проведенный сравнительный анализ алгоритмов построения дерева на основе ациклического орграфа показал, что выбор решения задачи зависит от ее конкретных требований. Алгоритм дублирования вершин обеспечивает полное сохранение структуры исходного графа, но требует значительных вычислительных ресурсов. Алгоритмы выбора единственного родителя и построения покрывающего дерева, показавшие сопоставимую производительность, представляют собой равноценные альтернативные подходы для работы с крупными графами: первый предпочтителен при необходимости субъективного выбора родителя с учетом конкретной предметной области, второй — когда требуется детерминированное решение, основанное на топологических свойствах графа.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- [1] Furukawa M. Simulation of pseudo-text synthesis for generating words with long tails. *SN Applied Sciences*, 2020, vol. 2, no. 8, art. no. 1401.
- [2] Schluter N. On maximum spanning DAG algorithms for semantic DAG parsing. *Proceedings of the ACL 2014 Workshop on Semantic Parsing*. Baltimore, MD: Association for Computational Linguistics, 2014, pp. 57–62.
- [3] Нидхэм М., Ходлер А.Э. *Графовые алгоритмы: практические примеры в Apache Spark и Neo4j*. Москва, ДМК Пресс, 2020, 256 с.
- [4] Кормен Т.Х., Лейсерсон Ч.И., Ривест Р.Л., Штайн К. *Введение в алгоритмы*. Москва, Вильямс, 2013, 1328 с.

Comparison of algorithms for constructing hierarchical trees from directed acyclic graphs

Ivanov Alexey Evgenievich

ivanovas@student.bmstu.ru

Gagarin Yuriy Evgenievich

gagarin_ye@bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

Constructing a tree from a directed graph is a fairly common task in the field of software system development. The solution to this problem requires a mathematical formulation of the problem and the identification of clear requirements for the resulting tree, as well as the time and space efficiency of the selected algorithm. This article provides an overview and comparison of existing groups of algorithms for unfolding directed graphs into trees and forests. Their advantages, disadvantages, and applicability to real-world problems are considered in the article based on performance metrics.

Keywords: algorithms, graph theory, graphs, trees, breadth-first search, data processing

УДК 004.896

Запуск моделей машинного обучения на ARM - микроконтроллерах в рамках парадигмы TinyML

Акимов Степан Владимирович

akimovsv@student.bmstu.ru

Гагарин Юрий Евгеньевич

gagarin_ye@bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Рассмотрено практическое разворачивание моделей машинного обучения на микроконтроллерах ARM Cortex-A и микропроцессорах ARM Cortex-M (на примере Raspberry Pi 5 и STM32 Nucleo). Представлены основные аппаратные блоки ускорения нейронных сетей и программные инструменты, использующиеся на всех стадиях: от обучения и квантования модели до ее запуска с использованием инструмента STM32Cube.AI. Перечислены основные области применения нейронных сетей при малых аппаратных мощностях и готовые решения для этих областей. Сделаны выводы об эффективных способах реализации нейросетей в парадигме TinyML.

Ключевые слова: микроконтроллер, нейронные сети, квантование, оптимизация моделей, периферийные вычисления

В современную эпоху нейронные сети стали неотъемлемой частью повседневной жизни человека. С их помощью сегодня можно выполнять широкий спектр задач — от простого поиска информации в сети до создания полноценных рабочих продуктов. Наибольшую популярность приобрели крупные языковые модели (Large Language Models, LLM), такие как ChatGPT, DeepSeek и другие. Эти нейросети способны решать широкий круг задач, однако их функционирование требует значительных вычислительных ресурсов и мощных серверов.

Тем не менее, во многих случаях перед исследователями и разработчиками стоит узкоспециализированная задача, для решения которой нет необходимости использовать универсальные модели. В таких ситуациях возможно обучение специализированной нейронной сети, предназначенной для выполнения одной конкретной функции. Это позволяет существенно снизить требования к производительности и объему вычислительных ресурсов.

Данный подход особенно актуален в условиях широкого распространения маломощных вычислительных устройств, которые окружают нас повсюду. К ним относятся многочисленные устройства Интернета вещей (Internet of Things, IoT). Подобные системы часто основаны на микроконтроллерах архитектуры ARM. Несмотря на их ограниченные вычислительные возможности, использование технологий машинного обучения на таких платформах открывает перспективные направления развития и расширяет возможности внедрения искусственного интеллекта в повседневную среду.

Микропроцессоры и микроконтроллеры архитектуры ARM составляют основу современных встраиваемых систем и устройств интернета ве-

щей (IoT). С точки зрения запуска моделей машинного обучения ключевую роль играют два основных семейства процессорных ядер — Cortex-M и Cortex-A.

Cortex-M: это семейство ориентировано на микроконтроллеры (MCU). Их главная цель — максимальное снижение энергопотребления и стоимости, что критически важно для автономных IoT-устройств и embedded-систем. Такие процессоры, как правило, не оснащены блоком управления памятью (MMU), что не позволяет запускать полноценные операционные системы, такие как Linux. Вместо них используются операционные системы реального времени (RTOS), например Zephyr RTOS или FreeRTOS. Примеры: популярные серии микроконтроллеров STM32 [1].

Cortex-A: это семейство представляет собой микропроцессоры (MPU), которые можно рассматривать как «мини-ПК». Они обладают высокой производительностью, оснащены MMU и способны запускать «тяжелые» ОС, включая различные дистрибутивы Linux. Благодаря этому они подходят для устройств со сложным пользовательским интерфейсом или требующих подключения к облачным сервисам. На таких системах могут быть запущены полноценные десктопные приложения. Пример: одноплатные компьютеры Raspberry Pi [2].

Для эффективной работы нейронных сетей, которые требуют огромного количества матричных операций, одних только CPU становится недостаточно. ARM предлагает два основных пути аппаратного ускорения.

Сопроцессоры NPU (Neural Processing Unit) для Cortex-M: специализированные ядра, такие как Arm Ethos-U55/U65, интегрируются в микроконтроллеры и работают в тандеме с ядром Cortex-M. Они способны ускорить выполнение нейросетей в сотни раз при сохранении мизерного энергопотребления, что является идеальным решением для задач TinyML. Примеры плат: Alif Ensemble E7, анонсированные серии STM32N6.

Мощные NPU/GPU для Cortex-A: в этом сегменте ускорение обеспечивается более производительными блоками, такими как Edge TPU (Google Coral) или GPU с тензорными ядрами (NVIDIA Jetson). Это позволяет запускать на edge-устройствах значительно более сложные модели, например для детекции объектов в реальном времени.

Для начала разберем основные направления использования AI в области встраиваемых систем [3].

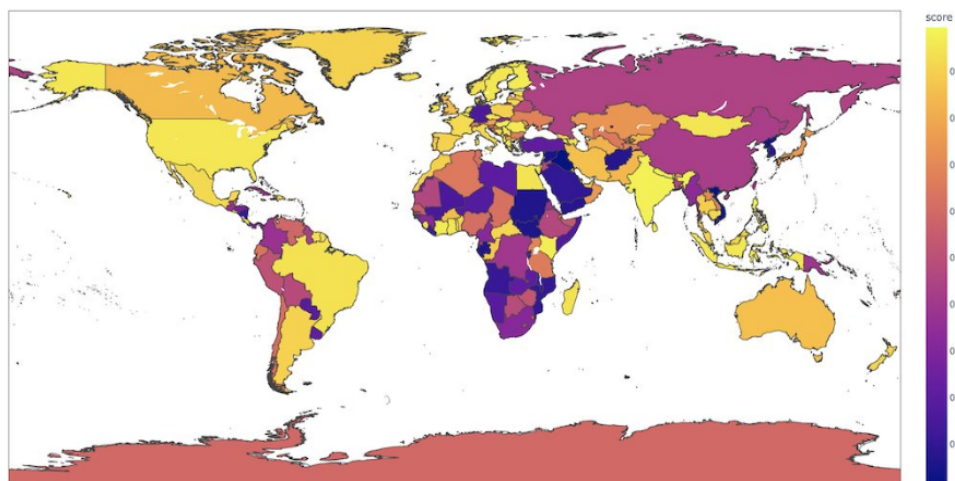
Компьютерное зрение — включает задачи классификации изображений и детекции объектов. Находит применение в системах видеонаблюдения, автоматизированного контроля качества промышленного оборудования и биометрических системах контроля доступа.

Обработка аудиосигналов — охватывает распознавание речевых команд, идентификацию ключевых слов (keyword spotting) и классификацию акустических событий, таких как звук выстрела или разрушения стекла.

Генеративное моделирование — применяется для синтеза текстового контента и других видов медиаданных непосредственно на устройстве.

Обработка естественного языка (Natural Language Processing) — используется для классификации намерений пользователя и анализа эмоциональной окраски речи (sentiment analysis).

Теперь рассмотрим программные решения, предоставляемые ARM, которые помогают перейти от написания нейросетей для стандартных мощностей ПК к возможностям TinyML. На платформе с готовыми моделями Hugging Face есть страница ARM, на которой представлены уже обученные и оптимизированные для запуска в условиях TinyML модели. Они решают частые задачи микроконтроллеров. Например, там есть нейросеть, распознающая человеческую речь на разных языках [4], с приведенной картой точности (см. рисунок).



Карта точности модели распознавания речи

Но чтобы создать свою собственную модель или адаптировать существующую, нужны специальные инструменты. Для этого используют такие инструменты, как PyTorch и OpenCV.

PyTorch — это один из самых популярных фреймворков для машинного обучения. Для мира TinyML у него есть мощный инструмент — PyTorch Mobile. Он позволяет взять вашу нейросеть, написанную и обученную на мощном компьютере, и подготовить ее (например, с помощью квантизации — сжатия весов модели без сильной потери точности) для эффективного запуска на маломощных устройствах. Фактически, это мост между большими моделями и ограниченными ресурсами.

OpenCV (Open Source Computer Vision) — это библиотека компьютерного зрения, которая незаменима для задач, связанных с изображениями и видео. В контексте TinyML OpenCV помогает на этапе предобработки данных.

Камера на микроконтроллере может захватить кадр, и с помощью оптимизированных функций OpenCV (например, изменение размера, обрезка, перевод в оттенки серого) этот кадр можно подготовить к подаче на вход нейросети. Это критически важно для экономии вычислительных ресурсов и памяти.

Вместе эти инструменты образуют мощный пайплайн: данные с датчиков обрабатываются OpenCV, а затем подаются в модель, подготовленную с помощью PyTorch, что и позволяет реализовать сложный искусственный интеллект прямо на крошечном устройстве.

Для самой развертки нейронной сети используется STM32Cube.AI — специализированное программное расширение, предназначенное для конвертации уже обученных нейросетей в оптимизированный код для микроконтроллеров stm32. STM32Cube.AI является мостом между областью машинного обучения и микроконтроллером.

Ключевые функциональные возможности. Конвертация моделей: поддерживает импорт моделей из популярных фреймворков машинного обучения, таких как TensorFlow, Keras, PyTorch (через формат ONNX) и Scikit-learn. Пользователь загружает предобученную модель, STM32Cube.AI преобразует ее в набор высокооптимизированных библиотек на языке C.

Статическое распределение памяти: в отличие от динамического выделения памяти в классических ML-фреймворках, STM32Cube.AI рассчитывает весь объем памяти, необходимый для работы сети (для входных, промежуточных и выходных тензоров), на этапе компиляции. Это полностью исключает использование кучи (heap), что критически важно для детерминированного поведения и надежности в системах реального времени.

Аппаратная оптимизация: генерируемый код использует инструкции SIMD (Single Instruction, Multiple Data) и DSP-расширения ядер Cortex-M, а также аппаратное ускорение CRC для проверки целостности модели. Для поддержки будущих микроконтроллеров STM32 с NPU (например, серии STM32N6) заложена совместимость с ускорителями типа Arm Ethos-U55.

Валидация и бенчмаркинг: инструмент предоставляет средства для проверки точности конвертированной модели на целевом устройстве, сравнивая ее вывод с эталонной реализацией на ПК. Также он генерирует отчеты с ключевыми метриками производительности: объем потребляемой памяти (RAM и Flash) и количество процессорных циклов, необходимых для инференса.

Для практической реализации проекта с использованием нейронной сети нам понадобится отладочная плата с микроконтроллером или микропроцессором ARM. Из вариантов на Cortex M лучше всего подойдут Cortex M4 и M7. Примером таких плат могут послужить NUCLEO-F446RE на Cortex M4 [5] и NUCLEO-F767ZI на Cortex M7. Из вариантов на Cortex A лучше всего рассмотреть Raspberry Pi 5. Все эти платы поддерживают вышеперечисленные программные инструменты и широко представлены в российских магазинах, что делает их лучшим выбором для создания проекта с AI [5].

Проведенный анализ демонстрирует, что развертывание моделей машинного обучения на ARM-микроконтроллерах является технически осуществи-

мой и стратегически важной задачей в контексте развития парадигмы TinyML. Успех в этой области основывается на комплексном подходе, который включает создание специализированных моделей, мощную инструментальную поддержку и грамотную оптимизацию. Современный программно-аппаратный стек, представленный такими инструментами, как STM32Cube.AI [6], и поддержкой со стороны популярных фреймворков, создает полноценный пайплайн развертывания, делая технологии искусственного интеллекта доступными для самых ограниченных устройств.

Ключевым фактором становится применение агрессивной оптимизации, прежде всего за счет квантования и использования аппаратных возможностей ядер Cortex-M, а в перспективе — специализированных NPU. Это позволяет достичь баланса между производительностью, потреблением памяти и энергопотреблением. Развитие аппаратной платформы, в частности появление сопроцессоров типа Arm Ethos-U, открывает путь для выполнения более сложных задач на периферии сети.

Таким образом, TinyML преодолевает барьер между облачным интеллектом и автономными embedded-системами, позволяя реализовывать алгоритмы ИИ непосредственно в точке сбора данных. Это не только решает задачи минимальной задержки, конфиденциальности и энергоэффективности, но и служит фундаментом для нового поколения truly умных и автономных устройств Интернета вещей, интегрируя искусственный интеллект в саму ткань окружающей нас физической среды.

Список источников

- [1] *Efficient DSP & ML with Enhanced AI Features*. URL: <https://www.arm.com/products/silicon-ip-cpu/cortex-m/cortex-m55> (accessed 31.10.2025).
- [2] *High-Performance CPU for AI and ML Tasks*. URL: <https://www.arm.com/products/silicon-ip-cpu/cortex-a/cortex-a75> (accessed 31.10.2025).
- [3] Warden P., Situnayake D. *TinyML: Machine Learning with TensorFlow Lite on Arduino and Ultra-Low-Power Microcontrollers*. O'Reilly Media, 2019, 504 p.
- [4] *DistilBERT base uncased finetuned SST-2*. URL: <https://huggingface.co/distilbert/distilbert-base-uncased-finetuned-sst-2-english> (accessed 31.10.2025).
- [5] *High-Performance, Low Cost for Signal Control*. URL: <https://www.arm.com/products/silicon-ip-cpu/cortex-m/cortex-m4> (accessed 31.10.2025).
- [6] *STM32Cube.AI*. URL: <https://stm32ai.st.com/stm32-cube-ai/> (accessed 31.10.2025).

Deployment of machine learning models on ARM microcontrollers within the TinyML Paradigm

Akimov Stepan Vladimirovich

akimovsv@student.bmstu.ru

Gagarin Yuri Evgenievich

gagarin_ye@bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

This paper examines the practical deployment of machine learning models on ARM Cortex-A microcontrollers and ARM Cortex-M microprocessors (using Raspberry Pi 5 and STM32 Nucleo as examples). The main hardware neural network acceleration units and software tools used at all stages are presented: from model training and quantization to its deployment using the STM32Cube.AI tool. The primary application areas for neural networks on low-power hardware and ready-made solutions for these areas are listed. Conclusions are drawn about effective methods for implementing neural networks within the TinyML paradigm.

Keywords: microcontroller, neural networks, quantization, model optimization, edge computing

УДК 004.89

Восстановление формы и отражения объектов с использованием нейросетевых моделей при неизвестном освещении

Воронов Даниил Сергеевич

voronovds@student.bmstu.ru

Белов Юрий Сергеевич

ysbelov@bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Рассмотрено применение нейросетевых моделей для решения задачи восстановления формы и отражательных свойств объектов при неизвестных условиях освещения. Представлен обзор архитектур, основанных на принципах факторизации визуальной информации, включая нейронные радиационные поля (NeRF) и их модификации. Показано, что использование обучаемых представлений нормалей, альбедо и освещения позволяет получать физически правдоподобные трехмерные модели без данных о геометрии или свете.

Ключевые слова: *инверсный рендеринг, нейронные радиационные поля, факторизация отражения, реконструкция формы, освещение*

Восстановление геометрии и отражательных свойств объектов при неизвестных условиях освещения является одной из ключевых задач современной компьютерной графики и компьютерного зрения. Данная проблема относится к классу задач инверсного рендеринга, где по наблюдаемому изображению или набору изображений требуется определить скрытые физические параметры сцены — форму, альбедо, распределение освещения и свойства отражения. Решение подобных задач открывает широкие возможности для автоматической реконструкции трехмерных моделей, их последующего переосвещения и редактирования без необходимости ручного измерения параметров сцены [1].

Классические методы инверсного рендеринга основывались на строгих допущениях о типе освещения и материалах, например на предположении ламбертова отражения и известного положения источников света. Это упрощало задачу математически, но значительно ограничивало область применения таких подходов, особенно в условиях сложного естественного освещения и неоднородных поверхностей. Современные методы, основанные на глубинных нейронных сетях, позволяют отказаться от этих упрощений, используя обучаемые представления, которые напрямую аппроксимируют распределения физических параметров сцены [2].

В рамках проводимого исследования рассматривается проектирование нейросетевой архитектуры, реализующей факторизацию визуального сигнала — разделение изображения на физически осмысленные компоненты: форму, альбедо и освещение. Основная цель работы заключается в создании модели, способной выполнять реконструкцию геометрии и отражательных свойств объектов в условиях неизвестного освещения, используя ограничен-

ные входные данные, например, несколько изображений с разных ракурсов. Подобный подход позволяет восстанавливать физически правдоподобные трехмерные представления без необходимости иметь предварительные данные о параметрах света или геометрии сцены [3].

Формально задача инверсного рендеринга может быть описана как восстановление трехмерных параметров сцены $S = \{G, R, L\}$, где G — геометрия; R — отражательные свойства (BRDF); L — освещение, по множеству наблюдаемых изображений $I = \{I_1, I_2, \dots, I_n\}$. При этом функция прямого рендеринга $f(G, R, L) \rightarrow$ известна, но ее обращение при неизвестных R и L является некорректно поставленной задачей, чувствительной к неоднозначности решений. Для обеспечения устойчивости восстановления предлагается использовать нейронную аппроксимацию функции факторизации:

$$\Phi_{\theta} : I \rightarrow \{\hat{G}\hat{R}\hat{L}\},$$

где Φ_{θ} — нейронная модель с параметрами θ , обучаемая на данных многовидовых изображений. Основная идея заключается в том, чтобы сеть самостоятельно научилась разделять наблюдаемый визуальный сигнал на внутренние физические компоненты, минимизируя ошибку рендеринга при воссоздании исходного изображения.

Проектируемая архитектура основывается на принципах нейронных радиационных полей (NeRF), которые зарекомендовали себя как эффективный инструмент для моделирования непрерывных трехмерных сцен [4]. Однако, в отличие от базовой модели NeRF, где все визуальные эффекты «смешаны» в едином представлении, в предлагаемой архитектуре реализуется нейронная факторизация, обеспечивающая разделение сцены на независимые поля: нормалей, альбеда, освещения и отражательных характеристик. Каждое из этих полей аппроксимируется отдельным многослойным перцептроном (MLP), а их взаимодействие описывается через дифференцируемый рендеринг. Таким образом, сеть не только предсказывает геометрию, но и учится воспроизводить освещение и отражения, характерные для исходной сцены. Подобная структура модели делает возможным физически корректное переосвещение, а также разделение теней и отражений, что является важным шагом в развитии инверсного рендеринга.

На этапе проектирования определена методика обучения модели без прямой разметки. Основная функция потерь формируется как ошибка реконструкции изображения (re-rendering loss), сравнивающая исходные изображения и результаты рендеринга, полученные на основе предсказанных полей. Для повышения устойчивости решения дополнительно вводятся априорные ограничения: гладкость нормалей поверхности, предотвращающая появление шумов на границах геометрии; регуляризация альбеда, исключаяющая интерпретацию теней как цветовых вариаций; а также плотностная регуляризация освещения, обеспечивающая стабильность предсказаний при неизвестных источниках света. В качестве входных данных предполагается использование многовидовых изображений объектов с известными позами камер, получен-

ных при одном неизвестном освещении. Такой формат данных наиболее приближен к реальным условиям съемки и не требует лабораторных измерений параметров света [5].

Особое внимание уделено построению модуля отражательных свойств. Для описания взаимодействия света с поверхностью планируется использовать параметризацию на основе двунаправленной функции отражения (BRDF). В проектируемой модели отражение разделяется на диффузную и зеркальную компоненты, при этом BRDF аппроксимируется нейронной сетью, обученной на синтетических данных или на данных из физических баз отражений. Такой подход позволяет моделировать сложные материалы, выходящие за рамки простых ламбертовых поверхностей. Освещение представляется в виде карты среды (environment map), где каждая точка сферы соответствует направлению прихода света. Такая форма представления позволяет учитывать как мягкие, так и жесткие тени, а также использовать модель для задач переосвещения сцены.

Разрабатываемая модель ориентирована на получение физически правдоподобных трехмерных реконструкций при минимуме априорной информации о сцене. В перспективе планируется реализация экспериментального прототипа, способного восстанавливать нормали, альбедо и карту освещения из нескольких изображений объекта. Полученные результаты могут применяться в системах дополненной и виртуальной реальности, при генерации 3D-контента, в задачах фотограмметрии и автоматической реконструкции сцен. Кроме того, подобные подходы имеют потенциал для использования в промышленных и робототехнических системах, где требуется анализ отражающих объектов при сложных световых условиях. Возможность отделения формы от освещения открывает путь к более точным системам визуального восприятия и анализа поверхности.

На следующем этапе планируется реализация программной модели и проведение численных экспериментов для оценки качества факторизации. Особое внимание будет уделено исследованию устойчивости алгоритма к изменениям условий освещения и уровню физической достоверности реконструкций. Дополнительно рассматривается возможность интеграции модели с методами оптимизации на основе градиентного рендеринга и применением обучаемых priоров, полученных из реальных измерений BRDF. Таким образом, представленный подход к восстановлению формы и отражения при неизвестном освещении основывается на объединении физических принципов и нейросетевого моделирования.

Список источников

- [1] Клетте Р. *Компьютерное зрение. Теория и алгоритмы*. Москва, ДМК-Пресс, 2019, 506 с.
- [2] Фарр М., Вензел Дж., Хамфрис Г. *Рендеринг на основе законов физики*. Москва, ДМК-Пресс, 2024, 1076 с.
- [3] Колошкина И.Е., Селезнев В.А., Дмитроченко С.А. *Компьютерная графика*. Москва, Юрайт, 2025, 237 с.

- [4] *Autodesk 3ds Max 2024: Освещение, анимация и рендеринг*. Москва, ДМК Пресс, 2025, 346 с.
- [5] Коул А., Ганджу С., Казам М. *Искусственный интеллект и компьютерное зрение: реальные проекты на Python, Keras и TensorFlow*. Санкт-Петербург, Питер, 2023, 624 с.

Restoring the shape and reflection of objects using neural network models under unknown lighting conditions

Voronov Daniil Sergeevich

voronovds@student.bmstu.ru

Belov Yuri Sergeevich

ysbelov@bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

The application of neural network models for solving the problem of restoring the shape and reflective properties of objects under unknown lighting conditions is considered. An overview of architectures based on the principles of visual information factorization, including neural radiance fields (NeRF) and their modifications, is presented. It is shown that the use of trainable representations of normals, albedo, and lighting allows for the creation of physically plausible three-dimensional models without any data about geometry or light.

Keywords: *inverse rendering, neural radiance fields, reflection factorization, shape reconstruction, lighting*

УДК 004.057

Особенности голографических коммуникаций

Красавин Евгений Васильевич

e.krasavin@bmstu.ru

SPIN-код: 7739-4837

Полпудников Сергей Викторович

polpud@bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Рассмотрены вопросы голографических коммуникаций. На основе анализа существующих на настоящий момент решений проведена оценка возможности реализации голографических коммуникаций на настоящий момент. Определены требования к пропускной способности сети и показаны возможности сжатия голограмм с использованием различных кодеков. Определены технологии и рекомендации дополнительного уменьшения потока данных. Сделаны выводы, что использование приведенных рекомендаций позволит использовать голографические коммуникации на сетях 5G с приемлемым качеством.

Ключевые слова: голографические коммуникации, голографическая связь, сжатие голограмм, кодеки, иммерсивные технологии

Голографическая связь (НС) — это технология, которая позволяет передавать и проецировать трехмерные изображения объектов в режиме реального времени. Голограммы передают глубину, пространственное расположение, движение самих объектов и его частей, создавая эффект реальности.

Сферы использования обширны: бизнес и конференции, образование, медицина, индустрия развлечений.

Многие страны работают в направлении иммерсивных технологий [1]: Соединенные Штаты, Китай, Южная Корея, Германия. Идет формирование крупных патентных кейсов, проводятся НИОКР, формируются стартапы.

Международный союз электросвязи (МСЭ) выпустил рекомендации [2], в которых голографическая коммуникация обозначается как технология, которая будет в интерактивном режиме доставлять цифровые 3D-изображения из одного или нескольких источников в один или несколько целевых узлов.

Не отстает в этом направлении и Россия. В «Стратегии развития отрасли связи Российской Федерации на период до 2035 года» (распоряжением Правительства Российской Федерации от 24 ноября 2023 г. № 3339-р) в качестве приоритетов развития заложено развитие нового типа коммуникаций — иммерсивных, включающих и голографические коммуникации. И уже ведутся работы в этом направлении [3], в первую очередь по развитию технологий передачи данных. Так в августе 2020 года Beeline, Nokia и Qualcomm запустили пилотную версию 5G в Санкт-Петербурге. Кроме этого, появившиеся в России квантовые сети обладают огромным потенциалом в области информационных технологий и коммуникаций, а их характеристики соответствуют требованиям к использованию НС.

С технологической точки зрения для захвата используются камеры глубины, сенсоры движения, а воспроизведения изображения — голографические проекторы или дисплеи, серверы рендеринга и искусственный интеллект. В качестве дополнения используются технологии дополненной (AR) и виртуальной реальности (VR), технология 3D-захвата Holoportation и дисплеи смешанной реальности, например HoloLens [4]. Передача голограммы включает видеоряд, 3D-геометрию объекта (точки, поверхности, текстуры), глубинную карту (расстояние до каждой точки), цветовую информацию, временную динамику (если голограмма движется). При этом требования к скорости передачи могут достигать 4,2 Тбит/с [5].

Ограничениями голографической связи являются высокие стоимость оборудования и требования к пропускной способности сети.

Для снижения нагрузки сети используют:

- сжатие с потерями (lossy). Удаляются малозаметные детали, которые не влияют на восприятие. Например, специализированные кодеки для голограмм JPEG 2000, MPEG-H (для 3D-видео), HoloCodec;
- сжатие без потерь (lossless). Используется для критически важных данных (LZMA, FLIF, Zstandard);
- семантическое сжатие. Искусственный интеллект анализирует сцену и передает только значимые детали и их динамику, а остальное восстанавливается на принимающей стороне получателя (NVIDIA Deep Video, Meta Codec Avatars).

При сжатии голограмма разбивается на следующие слои:

- фазовая карта (Phase Map);
- амплитудная карта (Amplitude Map);
- глубинная информация (Depth Map);
- текстуры и цвета;
- метаданные.

Степень сжатия голографических данных может достигать от $10\times$ до $100\times$, в зависимости от типа алгоритма, структуры данных и допустимого уровня потерь.

При сжатии облаков точек, в AR/VR и голографии использовании MPEG V-PCC (Point Cloud Compression) достигается степень сжатия $10\times$ – $35\times$, семантическом сжатии с искусственным интеллектом HoloCodec (Meta) до $100\times$, сжатии видео с глубиной (объемные сцены) HEVC + Depth Extensions $5\times$ – $20\times$, сжатии с сохранением оптических свойств (фазовые голограммы) Wavelet-based CGH Compression до $50\times$.

Для хранения сжатых голограмм рекомендуются форматы: CGH (Computer Generated Hologram, содержит фазовую и амплитудную информацию), Point Cloud + Texture (облако точек + текстуры, для AR/VR), Volumetric Video (последовательность 3D-кадров с глубиной), HoloCodec / V-PCC (специализированные кодеки для голографии).

Проведенный анализ показал, что наибольшим потенциалом обладают семантические методы сжатия с искусственным интеллектом (степень сжатия

до 100×), позволяющие сохранить визуальное качество при высокой степени сжатия. Однако они требуют большую вычислительную мощность и проведения процесса обучения.

В качестве вектора дальнейшего увеличения степени сжатия предлагается дополнительное включение в блок метаданных информации о взаимном положении объекта и наблюдателя, а для дополнительного уменьшения скорости передачи возможна обработка на сервере рендеринга дополнительных метаданных и последующая передача данных не полноценной голограммы, а только соответствующих сектору обзора. Это сможет дополнительно уменьшить поток данных до 10 раз.

Таким образом, использование приведенных рекомендаций позволит использовать голографические коммуникации на сетях 5G с приемлемым качеством, а с развитием технологий передачи данных, вплоть до 6G, совершенствования оборудования и развития искусственного интеллекта голографическая связь станет обычной в повседневной жизни.

Список источников

- [1] *Holographic Communication: Bringing People Closer, Beyond Screens*. URL: <https://scintillationresearch.com/holographic-communication-bringing-people-closer-beyond-screens/> (accessed 30.10.2025).
- [2] *Representative Use Cases and Key Network Requirements for Network 2030*. URL: https://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=s&id=T-REC-Y.Sup67-202007-I!!PDF-E&type=items (accessed 30.10.2025).
- [3] *Тактильное и голографическое будущее 6G. Возможности и проблемы сетей связи следующих поколений*. URL: <https://habr.com/ru/articles/570510/> (дата обращения 30.10.2025).
- [4] *Holoportation™*. URL: <https://www.microsoft.com/en-us/research/project/holoportation-3/> (accessed 30.10.2025).
- [5] Демидов Н.А. Голографический тип коммуникации: определение, анализ основных особенностей, формы реализации. *Информационные технологии и телекоммуникации*, 2023, № 3, с. 37–48.

Features of holographic communications

Krasavin Evgeniy Vasilievich

e.krasavin@bmstu.ru

Polpudnikov Sergey Viktorovich

polpud@bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

Holographic communications issues are considered. Based on an analysis of currently available solutions, the feasibility of implementing holographic communications is assessed. Network bandwidth requirements are determined, and the potential for hologram compression using various codecs is demonstrated. Technologies and recommendations for further data flow reduction are identified. It is concluded that the use of these recommendations will enable the use of holographic communications on 5G networks with acceptable quality.

Keywords: *holographic communications, holographic communication, hologram compression, codecs, immersive technologies*

УДК 004.42

Применение методов машинного обучения для повышения точности фотограмметрической 3D-реконструкции объектов

Чурилин Олег Игоревич

dima.ty.12@mail.ru

Гагарин Юрий Евгеньевич

gagarin_ye@bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

В процессе фотограмметрической 3D-реконструкции объектов важным направлением является повышение точности моделей с применением методов машинного обучения. Неточности и искажения, возникающие при сопоставлении изображений и построении облаков точек, снижают качество итоговой модели. Рассмотрены современные подходы к использованию нейронных сетей для анализа изображений, устранения ошибок и восстановления недостающих элементов геометрии. Показано, что интеграция искусственного интеллекта повышает точность и детализацию моделей. Сделаны выводы о возможности эффективного применения машинного обучения в инженерном моделировании, визуализации и цифровом документировании объектов.

Ключевые слова: 3D-реконструкция, машинное обучение, нейронные сети, фотограмметрия, текстурирование, облако точек, обработка изображений

Процесс 3D-реконструкции объектов на основе фотограмметрических изображений включает несколько ключевых этапов: получение набора снимков, их сопоставление, построение облаков точек, формирование сетки и текстурирование. Каждый из этапов подвержен влиянию ошибок, которые могут возникать вследствие недостаточного числа изображений, неоднородного освещения или особенностей геометрии объекта. В результате формируются неточные участки модели, а иногда и разрывы поверхности, что особенно заметно при реконструкции мелких деталей и сложных форм.

Современные подходы к автоматизации реконструкции все чаще используют методы машинного обучения, позволяющие не только анализировать изображения, но и адаптироваться к условиям съемки. Алгоритмы глубокого обучения могут выполнять функции, ранее требовавшие ручной корректировки: исправлять несоответствия между кадрами, устранять шумы и артефакты, а также восстанавливать недостающие данные в текстурах.

1. Применение машинного обучения на этапе подготовки изображений. Перед построением модели важно обеспечить высокое качество исходных данных. Нейронные сети, обученные на больших наборах изображений, позволяют эффективно удалять шумы, корректировать яркость и контрастность, а также компенсировать искажения, вызванные объективом камеры. Например, сверточные нейронные сети (CNN) могут выполнять фильтрацию изображений, сохраняя детали и текстуру поверхности [1].

Использование алгоритмов суперразрешения (super-resolution) также способствует улучшению детализации. Такие модели, как ESRGAN или SR3, способны повышать разрешение фотографий без значительной потери каче-

ства, что положительно сказывается на точности последующего построения облаков точек и сетки поверхности [2].

2. Улучшение этапа сопоставления изображений и построения облаков точек. Традиционные алгоритмы, такие как SIFT и SURF, находят соответствия между изображениями на основе дескрипторов, однако они чувствительны к шумам и изменениям освещения. В отличие от них, нейросетевые модели, например SuperGlue и D2-Net, обучены определять совпадения с учетом контекста сцены, что делает их более устойчивыми к внешним факторам [3].

При построении облаков точек машинное обучение используется для фильтрации выбросов и классификации точек по принадлежности к объекту или фону. Модели на основе PointNet и Point Transformer показывают высокую эффективность в распознавании структур и удалении ошибочных точек [4].

3. Автоматизация построения геометрии и текстурирования. После формирования плотного облака точек необходимо преобразовать его в треугольную сетку и нанести текстуры. На этом этапе нейронные сети могут выполнять интерполяцию недостающих участков, восстанавливая поврежденные или нераспознанные области. Генеративные модели (GAN) и автоэнкодеры (VAE) способны синтезировать текстуры, близкие по стилю и цвету к исходным изображениям, что позволяет достичь визуально реалистичных результатов даже при частичной потере данных.

В области автоматического текстурирования активно исследуется применение диффузионных моделей, которые генерируют высококачественные текстуры с учетом геометрии поверхности. Такие методы применяются в современных системах компьютерной графики и перспективны для интеграции в фотограмметрические пакеты [5].

4. Интеграция ИИ в программные комплексы 3D-реконструкции. Многие современные программные решения уже используют элементы машинного обучения. Например, Agisoft Metashape, RealityCapture и Meshroom внедряют интеллектуальные алгоритмы для автоматического выравнивания изображений и улучшения реконструкции сложных объектов. Использование ИИ позволяет значительно сократить время обработки данных, а также минимизировать количество ручных операций.

Помимо этого, ведется активная разработка открытых библиотек и фреймворков, таких как OpenMVG и COLMAP, которые поддерживают интеграцию нейросетевых модулей. Это открывает возможность для создания гибких исследовательских систем, адаптируемых под конкретные задачи.

5. Перспективы и области применения. Внедрение искусственного интеллекта в фотограмметрическую реконструкцию расширяет возможности применения технологии. Высокоточные 3D-модели востребованы в архитектуре, инженерии, геодезии, археологии и виртуальной реальности. В цифровом хранении культурного наследия использование машинного обучения помогает восстанавливать утраченные детали артефактов и создавать точные цифровые копии [6].

Кроме того, развитие автоматизированных систем 3D-реконструкции на основе ИИ имеет потенциал для беспилотных систем и робототехники.

Роботы, оснащенные камерами, могут в реальном времени выполнять реконструкцию окружающего пространства, что полезно для навигации, обследования территорий и мониторинга объектов инфраструктуры.

Таким образом, применение машинного обучения в фотограмметрической 3D-реконструкции объектов открывает новые возможности для повышения точности и детализации моделей. Методы нейронных сетей эффективно решают задачи предобработки изображений, устранения шумов, оптимизации параметров и восстановления недостающих элементов геометрии. Дальнейшее развитие интеллектуальных алгоритмов позволит создавать самонастраивающиеся системы, адаптирующиеся к условиям съемки и типу объекта.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- [1] Матвеева О.А., Кузнецов В.И. *Фотограмметрия: методические материалы к учебной практике исполнительская (по фотограмметрии)*. Волгоград, Волгоградский государственный аграрный университет, 2021, 32 с.
- [2] Золотухин Д.П. Создание 3D-моделей средствами цифровой фотограмметрии. *Актуальные проблемы науки и техники. Нац. науч.-практ. конф.: матер.* Ростов-на-Дону, Донской государственный технический университет, 2020, с. 328–329.
- [3] Козин Е.В., Карманов А.Г., Карманова Н.А. *Фотограмметрия*. Санкт-Петербург, Университет ИТМО, 2021, 142 с.
- [4] Баланов А.Н. *Машинное обучение и искусственный интеллект*. Санкт-Петербург, Лань, 2025, 172 с.
- [5] Богатырев И.С. Фотограмметрия в современном мире. *Матрица научного познания*, 2024, № 3-2, с. 44–51.
- [6] Алтухов В.Г. Исследование точности фотограмметрии как метода определения объема объекта. *Автоматика и программная инженерия*, 2023, № 2(32), с. 69–74.

Application of machine learning methods to improve the accuracy of photogrammetric 3D reconstruction of objects

Churilin Oleg Igorevich

dima.ty.12@mail.ru

Gagarin Yuri Evgenievich

gagarin_ye@bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

In the process of photogrammetric 3D reconstruction of objects, an important direction is improving model accuracy through the use of machine learning methods. Inaccuracies and distortions arising during image matching and point cloud generation reduce the quality of the final model. The paper considers modern approaches to the use of neural networks for image analysis, error correction, and restoration of missing geometric elements. It is shown that the integration of artificial intelligence increases the accuracy and level of detail of the models. Conclusions are made about the effective application of machine learning for engineering modeling, visualization, and digital documentation of objects.

Keywords: 3D reconstruction, machine learning, neural networks, photogrammetry, texturing, point cloud, image processing

УДК 004.91

Создание IDEF0 диаграмм с помощью Typst

Войнов Андрей Александрович

voynovaa@student.bmstu.ru

Белов Юрий Сергеевич

ysbelov@bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Рассмотрены языки моделирования IDEF, используемые в системной и программной инженерии для визуализации сложных систем. Представлена методология IDEF0, акцентирующая внимание на логических взаимосвязях между элементами бизнес-процессов. Показано, что диаграммы IDEF0 могут интегрироваться в документацию в форматах PDF и SVG. Рассмотрен инструмент Typst, который позволяет создавать документы и векторную графику в одном интерфейсе, упрощая процесс разработки. Сделаны выводы, что библиотека Identified значительно ускоряет создание IDEF0-диаграмм, что делает ее полезной для оптимизации работы в различных средах.

Ключевые слова: *Typst, IDEF, диаграммы, моделирование*

IDEF (Integrated Definition) представляет собой набор языков моделирования, применяемых в области системной и программной инженерии. Эти языки предназначены для моделирования сложных систем и позволяют визуализировать и анализировать модели различных аспектов деятельности таких систем. Разработчик сам определяет глубину и ширину исследования процессов, что помогает избежать перегрузки модели ненужной информацией.

IDEF0 — это методология функционального моделирования и графическая нотация, созданная для формализации и описания бизнес-процессов. Уникальной чертой IDEF0 является акцент на взаимосвязи между объектами. В IDEF0 рассматриваются логические отношения между задачами, а не их временная последовательность [1].

Диаграммы IDEF0, как и многие другие, могут использоваться в разного рода документах или же сами по себе, как в электронном, так и в печатном виде [2]. Из-за глобального тренда перехода на цифровые бумаги, наибольший интерес представляют изображения и документы формата PDF. Для качественных диаграмм, предпочтение дается векторной графике, т. е. изображениям, не теряющие качества при их увеличении. Общепринятым форматом файла для векторной графики является SVG.

Typst, являясь инструментом для создания документов, позволяет не только создавать документы в формате PDF, но и векторную графику в формате SVG. Отличительной особенностью Typst от большинства других инструментов по созданию документов является непосредственная интеграция всех частей документа, т. е. все диаграммы и прочие рисунки могут быть созданы и отредактированы непосредственно в Typst документе. Это позволяет сохранить время на переключении между программой для создания диаграмм

и программой для создания документов, а также полностью убрать рутинный процесс сохранения в промежуточный файл и добавления диаграммы в документ [3].

При наличии конкретной Typst-библиотеки (называемой «пакетом»), можно многократно ускорить процесс создания и редактирования соответствующих иллюстраций. Для создания IDEF0 диаграмм в Typst можно воспользоваться графической пакетом общего назначения CeTZ, но для этого придется вручную создавать все примитивы нотации и кропотливо их соединять воедино. Упростить эту задачу может пакет Fletcher, используя готовые примитивы и автоматическое прикрепление стрелок к блокам, но для диаграммы декомпозиции ручной работы все еще остается не мало.

Для решения данной проблемы был создан пакет Identified (IDEntiFied), позволяющий моментально получить минимальную рабочую версию диаграммы, указав только ключевые элементы и их соединения. Для более тонкой настройки, чтобы диаграмма стала более наглядной и эстетичной, можно воспользоваться интерфейсом переопределения настроек.

На рис. 1 показана контекстная диаграмма, код которой представлен ниже.

```

1 #import "@preview/identified:0.1.0": IDEF0
2 #IDEF0.context-diagram(
3   input-stroke: rgb("#1dac15"),
4   // Настройка остальных цветов ...
5   [Закупочная деятельность предприятия],
6   input: (
7     [Статистика продаж],
8     [Решение о закупке руководством],
9     // Пропущено для краткости ...
10  ),
11   output: ([Поставленный товар], /* ... */),
12   control: ([Законодательные акты], /* ... */),
13   mechanism: ([Сотрудники], /* ... */),
14 )

```

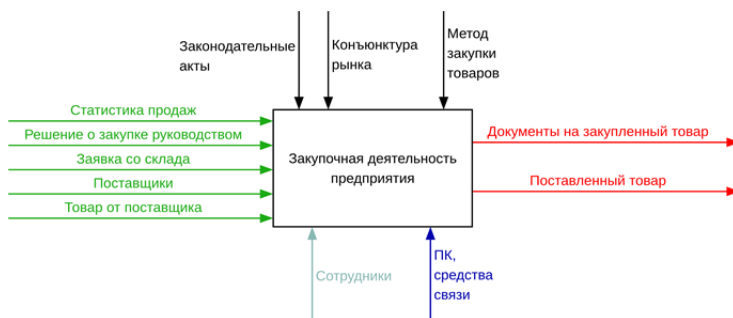


Рис. 1. Пример контекстной диаграммы IDEF0

Можно заметить, что для создания диаграммы нужно только указать название блока (диаграммы), а также названия входов, выходов, элементов управления и механизмов исполнения [4]. При нехватке места для какой-либо

надписи, алгоритм создания диаграммы автоматически переформатирует окружение так, чтобы выделить недостающее место для текста. Это особенность можно проследить сверху, где находятся элементы управления.

Второй вид диаграмм IDEF0 — диаграмма декомпозиции. Пример такой диаграммы представлен на рис. 2. Код для нее (в сокращенном виде) представлен выше.

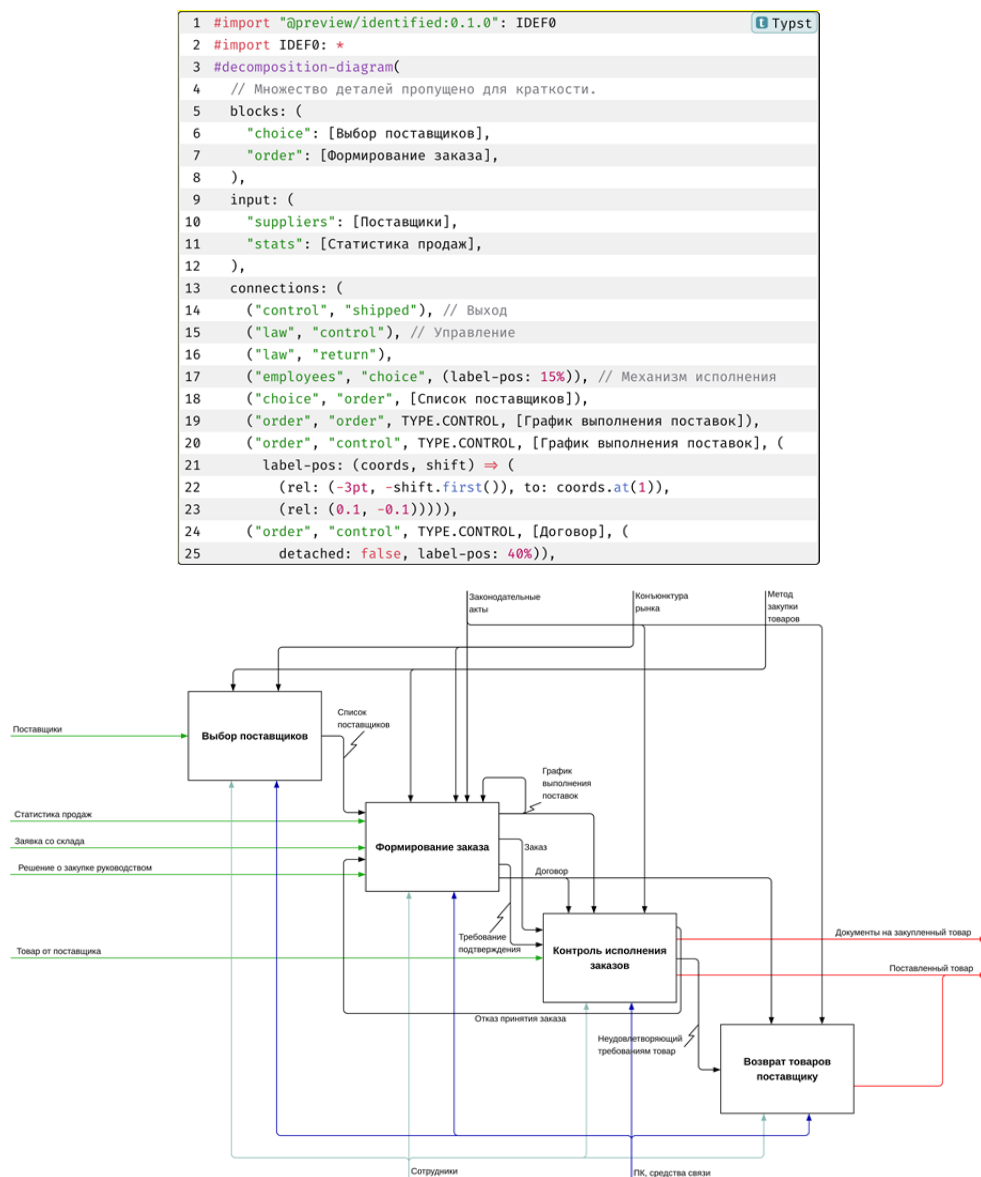


Рис. 2. Пример IDEF0 диаграммы декомпозиции первого уровня

Стоит отметить, что некоторые соединения указаны только с помощью двух ключей (для входов, выходов, и др.), некоторые также включают тип соединения и надпись (соединения между блоками), а другие используют ранее упомянутый интерфейс переопределения настроек. В частности, данный интерфейс используется для изменения местоположение «прикрепленной» и «открепленной» (detached) надписи.

Подводя итоги, можно отметить, что данная реализация библиотеки является наивной и относительно простой, из-за чего компиляция диаграммы декомпозиции может занимать около секунды [5]. Тем не менее, простота использования позволит создать качественные диаграммы непосредственно в самом документе на любой платформе, так как Typst компилятор является кроссплатформенным инструментом, а официальное веб-приложение доступно по средством любого современного браузера. В будущем планируется оптимизация библиотеки Identified, а также публикация ее на Typst Universe. Найти ее можно будет по имени и ключевым словам, таким как «IDEF0».

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- [1] Presley A.R., Liles D.H. The use of IDEF0 for the design and specification of methodologies. *Proceedings of the 4th industrial engineering research conference*, 1995, pp. 442–448.
- [2] Peters L., Peters J. Using IDEF0 for dynamic process analysis. *Proceedings of International Conference on Robotics and Automation*, 1997, vol. 4, pp. 3203–3208.
- [3] Mädje L. *A Programmable Markup Language for Typesetting*. Master's thesis. Technical University of Berli, 2022, 77 p.
- [4] Ang C. A knowledge-based approach to the generation of IDEF0 models. *International Journal of Production Research*, 1997, vol. 35, no. 5, pp. 1385–1412.
- [5] Haug M. *Fast typesetting with incremental compilation*. Thesis for: Master of Science. 2022, 81 p. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.15606.88642>

Creation of IDEF0 diagrams using Typst

Voynov Andrey Aleksandrovich

voynovaa@student.bmstu.ru

Belov Yuri Sergeevich

ysbelov@bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

The IDEF modeling languages used in systems and software engineering for visualizing complex systems are discussed. The IDEF0 methodology is presented, emphasizing the logical interrelationships among elements of business processes. It is shown that IDEF0 diagrams can be integrated into documentation in PDF and SVG formats. The Typst tool, which allows for the creation of documents and vector graphics within a single interface, simplifying the development process, is examined. Conclusions are drawn that the Identified library significantly accelerates the creation of IDEF0 diagrams, making it useful for optimizing work across various environments.

Keywords: Typst, IDEF, diagrams, modeling

Секция 13. Мехатроника и робототехника

УДК 62.523.8

Гибридный подход к анализу корректности расположения объекта, сочетающий методы машинного обучения и классические алгоритмы компьютерного зрения

Низовцева Елизавета Дмитриевна

nizovtsevaliza@yandex.ru

Васильчук Николай Юрьевич

vasilchuknu@bmstu.ru

КФ МГТУ им Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Статья посвящена гибриднему подходу к анализу пространственного расположения объектов, сочетающему машинное обучение для детектирования с классическими алгоритмами компьютерного зрения для точного позиционирования. Показано повышение точности и устойчивости системы к изменению внешних условий. Экспериментально подтверждена способность метода сохранять метрическую точность при вариациях освещения. Описаны этапы реализации, включая калибровку камеры. Подчеркнута практическая ценность для систем контроля качества, роботизированного захвата и дополненной реальности.

Ключевые слова: машинное зрение, гибридный подход, машинное обучение, позиционирование объекта, калибровка камеры, геометрические параметры

Актуальность задач определения геометрических параметров объектов средствами машинного зрения непрерывно возрастает в связи с активным внедрением технологий в робототехнику, автоматизированные производственные линии и системы контроля качества [1]. Ключевой проблемой является точное определение не только линейных размеров, но и пространственного положения объектов, включая те, которые имеют сложную неправильную форму. Для решения этой проблемы предлагается гибридный подход, сочетающий методы машинного обучения для детектирования и классификации объектов с классическими алгоритмами компьютерного зрения для точного позиционирования и измерения геометрических параметров.

Основой для решения задач пространственного позиционирования является использование математического аппарата проективной геометрии, который позволяет установить связь между координатами точек на двумерном изображении и их положением в трехмерном пространстве [2]. Первым и обязательным этапом является процедура калибровки камеры, направленная на определение ее внутренних (фокусное расстояние, координаты главной точки) и внешних (положение и ориентация в пространстве) параметров. Наибольшее распространение получил алгоритм калибровки с использованием изображений шахматной доски, предложенный Чжаном [3]. Этот метод обеспечивает высокую точность и устойчивость к шумам, что делает его идеальным для прецизионных измерений.

Для последующего анализа изображения и выделения контуров объектов широко применяются классические алгоритмы компьютерного зрения, реали-

зованные в библиотеках типа OpenCV [1]. Одним из наиболее эффективных подходов к определению положения и ориентации объекта является метод моментов, который включает вычисление центра масс и главных осей инерции [4]. Этот метод демонстрирует высокую точность для однородных объектов с четко выраженными границами. Однако в случаях работы со сложными сценами или необходимости оценки глубины используется метод триангуляции, предполагающий наличие двух и более камер (стереозрение) или движение одной камеры [2]. Это позволяет восстановить трехмерную структуру сцены по набору двумерных проекций.

В последние годы традиционные алгоритмы успешно дополняются методами машинного обучения. Сверточные нейронные сети (CNN), такие как архитектуры YOLO [5] и U-Net [6], используются для семантической сегментации изображений и непосредственного предсказания координат ограничивающих прямоугольников или ключевых точек объектов. Эти подходы обладают повышенной устойчивостью к изменчивым условиям освещенности, частичным окклюзиям и шумам [5, 7]. Однако их метрическая точность может быть недостаточной для прецизионных задач, что обуславливает необходимость комбинирования с классическими методами.

Предлагаемый гибридный подход интегрирует надежность методов машинного обучения для первичного обнаружения объектов и точность классических алгоритмов, таких как метод моментов, для финального расчета геометрических параметров [4, 7]. На первом этапе с помощью CNN, например YOLO [5], выполняется детектирование объекта и определение его приблизительного местоположения. Это позволяет системе работать в условиях изменчивого освещения и сложного фона. На втором этапе в пределах выделенной области интереса применяются классические алгоритмы, такие как детектирование контуров и метод моментов, для точного определения координат, ориентации и линейных размеров объекта.

Экспериментальные исследования подтверждают, что комбинированный подход позволяет достичь субпиксельной точности измерений [3]. Например, при анализе объектов неправильной формы использование масок, полученных с помощью U-Net [6], в сочетании с методом моментов позволяет значительно повысить точность позиционирования по сравнению с использованием только классических методов. Кроме того, гибридный подход демонстрирует устойчивость к вариациям освещенности и текстуры объектов, что делает его применимым в реальных условиях.

Таким образом, гибридный подход, сочетающий методы машинного обучения и классические алгоритмы компьютерного зрения, позволяет достичь высокой метрической достоверности при сохранении устойчивости к изменяющимся внешним условиям. Его потенциальная применимость охватывает системы автоматического контроля качества, роботизированного захвата и дополненной реальности. Дальнейшие исследования могут быть направлены на оптимизацию вычислительной эффективности метода и его адаптацию для работы в полностью неконтролируемых условиях окружающей среды.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- [1] Bradski G., Kaehler A. *Learning OpenCV: Computer Vision with the OpenCV Library*. O'Reilly Media, 2008, 555 p.
- [2] Hartley R., Zisserman A. *Multiple View Geometry in Computer Vision*. Cambridge University Press, 2003, 672 p.
- [3] Zhang Z. A flexible new technique for camera calibration. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 2000, vol. 22, no. 11, pp. 1330–1334. <https://doi.org/10.1109/34.888718>
- [4] Forsyth D.A., Ponce J. *Computer Vision: A Modern Approach*. Pearson, 2011, 792 p.
- [5] Redmon J., Divvala S., Girshick R., Farhadi A. You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection. *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 2016, pp. 779–788. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2016.91>
- [6] Ronneberger O., Fischer P., Brox T. U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation. *Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention. MICCAI 2015*. Springer, Cham, 2015, pp. 234–241. https://doi.org/10.1007/978-3-319-24574-4_28
- [7] Szeliski R. *Computer vision: algorithms and applications*. Springer, 2022, 925 p.

A hybrid approach for analyzing object placement correctness combining machine learning and classical computer vision algorithms

Nizovtseva Elizaveta Dmitrievna nizovtsevaliza@yandex.ru

Vasilchuk Nikolay Yuryevich vasilchuknu@bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

The article is devoted to a hybrid approach for analyzing spatial object arrangement, combining machine learning for detection with classical computer vision algorithms for precise positioning. The study demonstrates enhanced system accuracy and robustness to changing environmental conditions. Experimental results confirm the method's ability to maintain metric accuracy under varying illumination. Implementation stages are described, including camera calibration. The practical value for quality control systems, robotic grasping, and augmented reality applications is emphasized.

Keywords: machine vision, hybrid approach, machine learning, object positioning, camera calibration, geometric parameters

УДК 623.746

Бикоптеры и трикоптеры с изменяемым вектором тяги

Барков Даниил Алексеевич

barkovda@student.bmstu.ru

Шамаров Егор Михайлович

shamarovem@student.bmstu.ru

Васильчук Николай Юрьевич

vasilchuknu@bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Рассмотрены принципы функционирования бикоптеров и трикоптеров с изменяемым вектором тяги. Проведен анализ динамических характеристик данных летательных аппаратов, исследованы способы стабилизации и принципы управления с использованием механического изменения направления тяги. Показано, что применение поворотных узлов позволяет компенсировать угловые моменты при меньшем числе двигателей, обеспечивая устойчивость и управляемость полета. Целью работы является изучение теоретических основ работы бикоптеров и трикоптеров, рассмотрение физических принципов изменения вектора тяги и анализ влияния данных методов на устойчивость и динамику полета аппарата.

Ключевые слова: бикоптер, трикоптер, вектор тяги, система стабилизации, динамика полета, управление, микроконтроллер

Современные беспилотные летательные аппараты (БПЛА) активно развиваются благодаря совершенствованию систем автоматического управления, датчиков ориентации и применению легких конструкционных материалов. Многороторные схемы, такие как квадрокоптеры, стали наиболее распространенными благодаря простоте конструкции, высокой устойчивости и надежности. В таких аппаратах управление осуществляется изменением оборотов четырех двигателей, что позволяет поддерживать равновесие и выполнять маневры [1]. Однако в последние годы все больше внимания уделяется альтернативным конфигурациям — бикоптерам и трикоптерам, в которых стабилизация и управление достигаются не только регулировкой тяги, но и изменением направления ее действия.

В отличие от традиционных многороторных систем, где ось тяги каждого двигателя строго вертикальна, в системах с изменяемым вектором тяги используются поворотные механизмы, позволяющие изменять направление оси ротора при помощи сервоприводов [2]. При отклонении двигателя от вертикали создается горизонтальная составляющая силы, которая может использоваться для формирования управляющих моментов по трем осям — рысканья, крена и тангажа. Такой принцип управления позволяет существенно расширить возможности аппарата при сохранении простоты конструкции. Вместе с тем появление механических узлов вносит дополнительную инерционность и требует более сложных алгоритмов стабилизации.

Бикоптер — это летательный аппарат с двумя двигателями, установленными симметрично относительно центра масс. Каждый двигатель способен поворачиваться вперед и назад, что обеспечивает управление моментами тан-

гажа и рысканья. При синхронном наклоне обоих двигателей аппарат изменяет тангаж, а при их дифференциальном отклонении выполняет поворот вокруг вертикальной оси. Подъем и снижение происходят за счет изменения суммарной тяги двигателей. Такая схема отличается минимальной массой и простотой, но обладает низкой статической устойчивостью. Без непрерывной работы системы автоматического регулирования аппарат теряет равновесие. Поэтому для стабилизации используются ПИД-регуляторы, которые формируют управляющие воздействия на основании данных гироскопов и акселерометров [1, 3]. Настройка параметров таких регуляторов требует учета инерционных характеристик привода, задержек в отклике и внешних возмущений, таких как ветер или несимметричная нагрузка.

Трикоптер, в отличие от бикоптера, имеет три двигателя, расположенные под углом 120° относительно центра корпуса. Два передних двигателя закреплены жестко, а задний установлен на поворотном узле, что позволяет изменять направление его тяги. Управление креном и тангажом осуществляется перераспределением тяги между передними двигателями, а управление рысканьем — поворотом заднего мотора. Такая конфигурация обеспечивает значительно более плавное и устойчивое поведение в полете по сравнению с бикоптером, но требует точной синхронизации работы сервоприводов и регуляторов оборотов [2, 3]. В исследованиях отмечается, что трикоптеры обладают лучшими динамическими характеристиками и более устойчивы к внешним возмущениям благодаря возможности формирования дополнительных управляющих моментов.

Динамика движения аппаратов с изменяемым вектором тяги описывается уравнениями вращения твердого тела. Для стабилизации используются ПИД-регуляторы, которые формируют управляющие моменты, компенсирующие отклонения по каждой оси. Однако механические системы, обеспечивающие поворот роторов, вносят инерционность и временные задержки, что требует внедрения адаптивных методов настройки и коррекции параметров регуляторов [2, 3]. Применение интеллектуальных подходов, включая нейросетевые и нечеткие регуляторы, позволяет повысить точность стабилизации и уменьшить влияние динамических запаздываний привода.

Отдельное внимание в отечественных исследованиях уделяется анализу механических и электрических приводов для подобных аппаратов. Так, Емельянова и Кононов [3] рассматривают методы синтеза параметров электроприводов для БПЛА типа «конвертоплан-трикоптер», отмечая, что корректный выбор параметров двигателя и передаточного механизма позволяет повысить устойчивость и сократить энергетические потери. Аналогично Палагин и Степанов [4] исследовали диапазон балансировочных углов для многороторных систем с избыточными степенями свободы, что имеет прямое отношение к векторизации тяги: избыточные приводы обеспечивают дополнительную управляемость, но усложняют задачу стабилизации.

Таким образом, бикоптеры и трикоптеры с изменяемым вектором тяги представляют собой перспективное направление развития беспилотных ле-

тательных аппаратов. Простота конструкции в сочетании с высокой маневренностью делает их привлекательными для специализированных применений — от исследовательских платформ до разведывательных и учебных аппаратов. В то же время реализация эффективного управления требует точной настройки систем стабилизации, учета динамики поворотных узлов и применения адаптивных алгоритмов регулирования. Дальнейшее развитие данных систем связано с совершенствованием моделей динамики, повышением быстродействия сервоприводов и внедрением интеллектуальных методов управления, что позволит повысить надежность, точность и эффективность полета в реальных условиях.

Список источников

- [1] *Principles of Multirotor Drone Control*. URL: <https://diydrones.com> (accessed 20.10.2025).
- [2] *Управление многороторными летательными аппаратами. Основы динамики и стабилизации*. URL: <https://robotics-review.ru/articles/multirotor-control> (дата обращения 20.10.2025).
- [3] Емельянова О.В., Кононов В.А. Синтез параметров электроприводов БПЛА типа «конвертоплан-трикоптер». *Известия вузов. Электромеханика и электрооборудование транспортных средств*, 2017, с. 239–249.
- [4] Палагин А.В., Степанов А.О. Диапазон балансировочных углов октокоптера с избыточными степенями свободы. *Промышленные АСУ и контроллеры*, 2020, т. 12, № 2, с. 18–28. <https://doi.org/10.36724/2409-5419-2020-12-2-18-28>

Bicopters and tricopters with variable thrust vector

Barkov Daniil Alekseevich

barkovda@student.bmstu.ru

Shamarov Egor Mikhailovich

shamarovem@student.bmstu.ru

Vasilchuk Nikolai Yurievich

vasilchuknu@bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

The paper examines the principles of operation of bicopters and tricopters with a variable thrust vector. The analysis of the dynamic characteristics of such aerial vehicles is carried out, as well as the study of stabilization methods and control principles based on mechanical change of thrust direction. It is shown that the use of tilting mechanisms makes it possible to compensate angular moments with a smaller number of motors, providing flight stability and controllability. The purpose of this work is to study the theoretical foundations of bicopters and tricopters, to consider the physical principles of thrust vector variation, and to analyze the influence of these methods on the stability and flight dynamics of the aircraft.

Keywords: *bicopter, tricopter, thrust vector, stabilization system, flight dynamics, control, microcontroller*

УДК 62.523.8

Анализ применения датчиков глубины в задачах прецизионной сборки и контроля качества

Соколова Марина Владимировна

marinasokolova-2004@yandex.ru

Васильчук Николай Юрьевич

vasilchuknu@bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Статья посвящена исследованию методов обработки изображения в реальном времени с помощью датчиков глубины. Рассмотрены современные технологии датчиков глубины и их сравнительные характеристики. Представлен анализ методов обработки изображений в реальном времени с использованием датчиков глубины. Показано применение данных технологий для решения задач прецизионной сборки и контроля качества в роботизированных системах. Сделаны выводы, что комбинация различных типов датчиков глубины с оптимизированными алгоритмами обработки может успешно применяться для создания гибких автоматизированных систем в промышленном производстве, позволяя достигать высокой точности позиционирования и эффективного контроля качества изделий.

Ключевые слова: датчики глубины, прецизионная сборка, контроль качества, компьютерное зрение, робототехника, Intel RealSense

Современные производственные и сборочные линии требуют высочайшего уровня автоматизации, точности и гибкости. Одним из ключевых факторов достижения этих требований является внедрение интеллектуальных систем технического зрения, способных не только распознавать объекты, но и понимать их трехмерную структуру и взаимное расположение. Традиционные 2D-камеры сталкиваются с ограничениями при работе с вариациями освещения, текстурой поверхностей и необходимостью точного позиционирования в пространстве. На смену им приходят системы на основе датчиков глубины, которые предоставляют информацию о расстоянии до каждой точки сцены, формируя так называемую карту глубины (depth map) [1, 2].

Целью работы является анализ методов и технологий применения датчиков глубины для решения задач прецизионной сборки и контроля качества. Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- провести сравнительный анализ технологий датчиков глубины;
- исследовать их применение в промышленных задачах;
- экспериментально оценить точность работы камеры глубины в реальном времени.

В промышленности наибольшее распространение получили три основные технологии получения данных о глубине: Time-of-Flight (ToF), Structured Light (Структурированный свет) и Stereo Vision (Стереозрение). Датчики ToF измеряют время пролета светового импульса, обеспечивая высокую скорость работы (до 100+ FPS) и точность $\pm 1\text{--}2$ см, но чувствительны к помехам

от внешнего освещения. Технология Structured Light, основанная на анализе деформации проекционного шаблона, обеспечивает очень высокую точность вблизи ($\pm 0,1$ мм), но требует стабильных условий освещения. Stereo Vision, использующая две камеры для вычисления диспаратности, не требует активного излучателя и хорошо работает при естественном освещении, но требует калибровки и плохо работает на однотонных поверхностях [3, 4].

Сравнительный анализ технологий (см. таблицу) показывает, что выбор конкретной технологии зависит от задач производства: для микроэлектроники критична точность Structured Light, для навигации роботов-манипуляторов — скорость ToF, а для уличных применений — устойчивость стереозрения к освещению.

Сравнение методов датчиков глубины

Метод	Точность	Диапазон, м	Скорость	Условия применения
ToF	$\pm 1\text{--}2$ см	0,1–5	Высокая	Чувствителен к свету
Structured Light	$\pm 0,1$ мм	0,1–3	Средняя	Требует затемнения
Stereo Vision	± 1 см	0,5–10	Средняя	Зависит от текстуры объекта

Датчики глубины решают широкий спектр задач в автоматизированном производстве. Локализация и захват деталей (Bin Picking) в хаотичной среде осуществляется за счет построения 3D-камерой облака точек, что позволяет роботу точно определить положение и ориентацию объекта. Это устраняет необходимость в дорогостоящей оснастке для точного позиционирования. При прецизионном монтаже, особенно в микроэлектронике, датчики глубины обеспечивают контроль положения деталей в реальном времени, корректируя траекторию робота с точностью до долей миллиметра. Контроль качества и геометрии осуществляется путем сравнения 3D-сканирования изделия с эталонной CAD-моделью, что позволяет автоматически выявлять дефекты: вмятины, выпуклости, отклонения в размерах и зазорах. В коллаборативной робототехнике датчики глубины обеспечивают безопасное взаимодействие человека и робота, отслеживая положение оператора в реальном времени [5, 6].

Для проверки практической применимости был проведен эксперимент с камерой глубины Intel RealSense D435 (технология Stereo Vision). Задачей являлось определение расстояния до обнаруженных объектов в режиме реального времени. Алгоритм работы заключался в детекции объектов на RGB-изображении с последующим вычислением среднего значения расстояния на соответствующей области карты глубины [7].

Система продемонстрировала работоспособность в реальном времени с задержкой не более 100 мс. Точность измерения расстояния составила ± 5 см на дистанции до 2 метров и ± 10 см на дистанции от 2 до 4 м. Наибольшая погрешность наблюдалась при работе с объектами, обладающими низкой отражающей способностью (матовые, темные поверхности) и на границах объек-

тов. Полученные результаты подтверждают возможность использования камер глубины для задач, не требующих субмиллиметровой точности, таких как навигация мобильных роботов, грубое позиционирование и контроль наличия объектов.

Проведенный анализ и эксперимент подтверждают высокий потенциал датчиков глубины для решения задач прецизионной сборки и контроля качества. Несмотря на то, что каждая из технологий имеет свои ограничения, правильный выбор датчика в зависимости от требуемой точности, скорости и условий эксплуатации позволяет создать высокоэффективную и гибкую автоматизированную систему. Такие системы позволяют отказаться от жесткого позиционирования, повысить гибкость производственных линий и обеспечить стопроцентный контроль качества сложных изделий.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- [1] Поезжаева Е.В. *Промышленные роботы*. Пермь, Изд-во Перм. гос. тех. ун-та, 2006, 64 с.
- [2] Лукинов А.П. *Проектирование мехатронных и робототехнических устройств*. Санкт-Петербург, Лань, 2012, 608 с.
- [3] Хорн Б.К. *Зрение роботов*. Москва, Мир, 1989, 487 с.
- [4] Зенкевич С.Л., Ющенко А.С. *Управление роботами*. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006, 284 с.
- [5] Корендясев А.И. *Теоретические основы робототехники. Кн. 1*. Москва, Наука, 2006, 277 с.
- [6] Пчелкин А.В., Никифоров М.Б. Алгоритм измерения координат объекта в видеопотоке для системы сопровождения объектов с прогнозом траектории движения. *Известия ТулГУ. Технические науки*, 2020, № 12, с. 29–35.
- [7] *Intel RealSense SDK 2.0 Documentation*. URL: <https://dev.intelrealsense.com/docs> (accessed 10.10.2023).

Analysis of the application of depth sensors in precision assembly and quality control tasks

Sokolova Marina Vladimirovna

marinasokolova-2004@yandex.ru

Vasilchuk Nikolay Yuryevich

vasilchuknu@bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

The article is devoted to the study of real-time image processing methods using depth sensors. Modern depth sensor technologies and their comparative characteristics are considered. An analysis of real-time image processing methods using depth sensors is presented. The application of these technologies for solving precision assembly and quality control tasks in robotic systems is demonstrated. It is concluded that the combination of different types of depth sensors with optimized processing algorithms can be successfully applied to create flexible automated systems in industrial manufacturing, enabling high positioning accuracy and effective product quality control.

Keywords: *depth sensors, precision assembly, quality control, computer vision, robotics, Intel RealSense*

УДК 62-529

Разработка алгоритмов классификации материалов на основе спектральных подписей

Юдин Владислав Витальевич

yudinvv1@student.bmstu.ru

Васильчук Николай Юрьевич

vasilchuknu@bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Рассмотрена задача автоматизированной классификации материалов по данным дистанционного зондирования Земли. Представлен новый алгоритм обработки гиперспектральных изображений, основанный на комбинации метода главных компонент для снижения размерности данных и опорных векторов для классификации. Показано, что применение данного алгоритма позволяет выделять спектральные подписи материалов в условиях значительного шума и схожести спектральных характеристик. Сделаны выводы, что разработанный метод можно применять для оперативного мониторинга состояния сельскохозяйственных угодий, экологического контроля и геологической разведки.

Ключевые слова: гиперспектральные изображения, спектральные подписи, классификация материалов, машинное обучение, дистанционное зондирование Земли

Актуальность задач автоматизированной обработки данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) постоянно возрастает в связи с увеличением объемов и детальности получаемой информации. Одной из ключевых проблем является точная классификация материалов на поверхности Земли по их спектральным подписям — уникальным характеристикам отражения электромагнитного излучения в различных диапазонах длин волн. Традиционные методы часто оказываются неэффективными при работе с гиперспектральными данными, которые отличаются высокой размерностью и наличием шумов. Целью данной работы является разработка robust-алгоритма, способного эффективно классифицировать материалы в таких условиях [1].

Для достижения поставленной цели был предложен алгоритм, состоящий из двух основных этапов: предобработки данных и непосредственно классификации. На этапе предобработки для снижения размерности гиперспектральных данных и устранения мультиколлинеарности каналов применяется метод главных компонент. Это позволяет сохранить наиболее значимую информацию и значительно сократить вычислительную нагрузку на последующих этапах. Для решения задачи классификации был выбран метод опорных векторов с радиально-базисной ядерной функцией. Данный метод демонстрирует высокую эффективность при работе с данными сложной природы и устойчивость к переобучению на малых выборках, что особенно важно при дефиците размеченных данных [2].

Выбор набора данных Indian Pines для валидации алгоритма был обусловлен его репрезентативностью и широким признанием в научном сообще-

стве. Этот набор данных, собранный с помощью спектрометра AVIRIS над сельскохозяйственным регионом в Индиане, США, содержит 145×145 пикселей с пространственным разрешением 20 метров на пиксель и охватывает 224 спектральных канала в диапазоне от 0,4 до 2,5 мкм. Набор данных включает 16 классов, среди которых доминируют различные типы сельскохозяйственных культур (кукуруза, соя, пшеница), леса, пастбища, а также урбанизированные территории. Особую ценность для исследования представляет наличие в этом наборе культур на разных стадиях вегетации, а также классов со схожими спектральными характеристиками, что позволяет проверить robust-свойства алгоритма в условиях, максимально приближенных к реальным. Использование такого эталонного набора обеспечивает сопоставимость результатов с другими исследованиями и позволяет объективно оценить вклад предложенного метода [3].

Исследования и эксперименты проводились на общедоступном наборе гиперспектральных данных Indian Pines. Исходные данные содержали 224 спектральных канала. После применения метода главных компонент количество информативных признаков было сокращено до 15, что позволило сохранить 99 % дисперсии исходных данных. Для сравнения эффективности разработанный алгоритм (PCA-SVM) был протестирован против стандартного SVM-классификатора, применяемого ко всем исходным каналам, и метода на основе случайного леса [4].

Результаты экспериментов показали, что предложенный алгоритм PCA-SVM превосходит альтернативные подходы по точности классификации. На тестовой выборке была достигнута общая точность в 94,7 %, в то время как для стандартного SVM и случайного леса этот показатель составил 89,1 и 91,3 % соответственно. Наибольшее преимущество PCA-SVM проявилось при классификации материалов со схожими спектральными кривыми, таких как кукуруза и соя, где точность возросла на 8–10 %. Кроме того, время обучения модели сократилось в 4 раза благодаря снижению размерности данных, что подтверждает вычислительную эффективность алгоритма [5].

Детальный анализ матрицы ошибок (confusion matrix) для предложенного алгоритма выявил интересные закономерности. Было установлено, что основная доля ошибок классификации приходится не на случайные несоответствия, а на смешение четко определенных пар классов. Например, наблюдалась некоторая взаимная путаница между классами «Соя без вспашки» и «Соя с минимальной вспашкой», что является методологически сложной задачей даже для экспертов. При этом алгоритм практически безошибочно идентифицировал классы, спектральные подписи которых имеют выраженные уникальные особенности в узких диапазонах спектра, такие как «Луг» и «Деревья». Это подтверждает гипотезу о том, что метод главных компонент не только снижает шумы, но и эффективно проецирует данные в пространство, где ключевые диагностические признаки, скрытые в исходных каналах, становятся более сепарабельными для решающей функции SVM. Данное свойство является критически важным для последующего практического

применения, где требуется не только общая высокая точность, но и предсказуемость поведения алгоритма на сложных для различения объектах [6].

Обсуждение результатов позволяет утверждать, что комбинация метода главных компонент и опорных векторов образует эффективный инструмент для анализа гиперспектральных изображений. Снижение размерности не только ускоряет процесс вычислений, но и выполняет функцию фильтрации шумов, повышая тем самым надежность классификации. Важным преимуществом является устойчивость алгоритма к ограниченному количеству размеченных данных, что часто встречается в прикладных задачах ДЗЗ.

Таким образом, в ходе работы был разработан и успешно протестирован алгоритм классификации материалов на основе спектральных подписей. Показано его превосходство по точности и быстродействию по сравнению с базовыми методами. Полученные результаты открывают возможности для практического применения алгоритма в системах оперативного мониторинга сельскохозяйственных культур, экологического контроля над состоянием почв и водных объектов, а также в задачах геологической разведки для идентификации пород и минералов. Перспективой дальнейших исследований является адаптация алгоритма для работы с данными, получаемыми с наноспутниковых платформ.

Список источников

- [1] Биленький С.М., Фролов А.А. *Цифровая обработка гиперспектральных изображений*. Москва, Техносфера, 2018, 342 с.
- [2] Landgrebe D. *Signal Theory Methods in Multispectral Remote Sensing*. Hoboken, John Wiley & Sons, 2003, 508 p.
- [3] Plaza A., Benediktsson J.A., Boardman J.W., Brazile J., Bruzzone L., Camps-Valls G., Chanussot J., Fauvel M., Gamba P., Gualtieri A. Recent advances in techniques for hyperspectral image processing. *Remote Sensing of Environment*, 2009, vol. 113, pp. 110–122. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2007.07.028>
- [4] Chang C.-I. *Hyperspectral Data Processing: Algorithm Design and Analysis*. Hoboken, John Wiley & Sons, 2013, 1168 p.
- [5] Melgani F., Bruzzone L. Classification of hyperspectral remote sensing images with support vector machines. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 2004, vol. 42, no. 8, pp. 1778–1790. <https://doi.org/10.1109/TGRS.2004.831865>
- [6] Mountrakis G., Im J., Ogole C. Support vector machines in remote sensing: A review. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 2011, vol. 66, iss. 3, pp. 247–259. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2010.11.001>

Development of material classification algorithms based on spectral signatures

Yudin Vladislav Vitalievich

yudinvv1@student.bmstu.ru

Vasilchuk Nikolai Yuryevich

vasilchuknu@bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

This paper examines the problem of automated classification of materials using Earth remote sensing data. A new algorithm for processing hyperspectral images is presented, based on a combination of principal component analysis (PCA) for data dimensionality reduction and support vector machines for classification. It is demonstrated that this algorithm enables the extraction of spectral signatures of materials in the presence of significant noise and similar spectral characteristics. It is concluded that the developed method can be applied to operational monitoring of agricultural land, environmental monitoring, and geological exploration.

Keywords: *hyperspectral images, spectral signatures, materials classification, machine learning, Earth remote sensing*

УДК 62-529

Преимущества и ограничения четырехосевых манипуляторов

Уланов Андрей Сергеевич

ulanovas@student.bmstu.ru

Акименко Дмитрий Андреевич

akimenko_d_a@bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Проведен комплексный анализ четырехосевых промышленных манипуляторов, занимающих нишу между простыми механизмами и сложными робототехническими комплексами. Подробно рассмотрены их ключевые преимущества — экономическая эффективность, высокая скорость и надежность, а также системные недостатки, главным из которых является ограниченная гибкость. Материал помогает определить оптимальные сферы применения данного оборудования и предоставляет критерии для выбора между четырехосевыми и более маневренными шестиосевыми аналогами в зависимости от конкретных производственных задач.

Ключевые слова: четырехосевой манипулятор, SCARA-робот, промышленная автоматизация, преимущества и недостатки, степени свободы, гибкость производства, 6-ти осевой робот

В современной промышленной автоматизации четырехосевые манипуляторы занимают важное место, предлагая сбалансированное решение для широкого спектра производственных задач. Эти роботизированные системы, обладающие четырьмя степенями свободы, демонстрируют оптимальное сочетание производительности, надежности и экономической эффективности в определенных областях применения [1]. Конструкция четырехосевых манипуляторов обычно включает четыре основных типа движений: вращение основания, движение в вертикальной плоскости (подъем и опускание плеча), радиальное перемещение предплечья и вращение захватного устройства вокруг вертикальной оси. Особого внимания заслуживают манипуляторы типа SCARA (Selective Compliance Assembly Robot Arm), которые представляют собой наиболее распространенную и технологически отработанную разновидность четырехосевых роботов [2]. Их кинематическая схема специально оптимизирована для выполнения высокоточных операций в горизонтальной плоскости, что определяет, как их сильные стороны, так и ограничения.

Экономическая эффективность четырехосевых манипуляторов проявляется в нескольких аспектах. Более простая механическая конструкция по сравнению с 6-ти осевыми аналогами обеспечивает значительное снижение капитальных затрат на приобретение оборудования [3]. Кроме того, упрощенная кинематическая схема приводит к снижению эксплуатационных расходов — такие системы потребляют меньше электроэнергии и требуют менее частого и затратного технического обслуживания. Высокая скорость и производительность являются следствием оптимизированной кинематики. Четырехосевые манипуляторы демонстрируют превосходные динамические

характеристики при выполнении циклических операций типа «взять — перенести — установить», что особенно важно в таких областях, как укладка, упаковка и сортировка, где скорость выполнения операций напрямую определяет общую производительность технологической линии [4]. Надежность и долговечность этих систем напрямую вытекают из их конструктивных особенностей. Минимальное количество подвижных соединений и кинематических пар повышает общую надежность системы и значительно увеличивает срок ее бесперебойной работы. Это качество особенно ценно при работе в тяжелых производственных условиях, где требуется устойчивость к повышенным нагрузкам и интенсивной эксплуатации [1]. Простота программирования и эксплуатации делает четырехосевые манипуляторы доступными для широкого круга предприятий. Ограниченное количество степеней свободы значительно упрощает процесс обучения операторов и сокращает время переналадки оборудования при смене производственных задач, что особенно важно в условиях серийного и массового производства [2].

Основным техническим ограничением четырехосевых манипуляторов является их ограниченная гибкость. Невозможность изменения пространственной ориентации инструмента делает их непригодными для выполнения сложных технологических операций, таких как сварка в различных пространственных положениях, покраска деталей со сложной геометрией или работы, требующие обхода препятствий сложной формы [3]. Узкая специализация определяет конкретные области эффективного применения этих систем. Как отмечают эксперты, роботы этого типа демонстрируют максимальную эффективность при выполнении задач в одной плоскости, и любое отклонение от этого принципа требует пересмотра целесообразности их использования [1]. Зависимость от точной организации рабочего пространства представляет собой существенное практическое ограничение. Системы подачи заготовок должны обеспечивать строго определенную ориентацию деталей, поскольку робот не обладает возможностью самостоятельной компенсации пространственных отклонений. Это требование часто приводит к необходимости дополнительных инвестиций в высокоточное оборудование для подачи и ориентации заготовок [4].

Выбор между четырех- и шестиосевыми манипуляторами зависит от стоимости, скорости и гибкости производства [3]. Четырехосевые роботы эффективны при высокоскоростных повторяющихся операциях без необходимости изменения ориентации инструмента. В современных условиях они остаются актуальными для стандартных процессов с минимальными затратами, обеспечивая быструю окупаемость и стабильную работу, конкурируя с более дорогими системами [2, 4].

Список источников

- [1] Макаров И.М., Топчиев Ю.И. *Промышленная робототехника: История, современные тенденции, перспективы, компоненты и технологии*. Москва, Машиностроение, 2020, 396 с.

- [2] Юревич Е.И. *Основы робототехники*. Санкт-Петербург, БХВ-Петербург, 2018, 368 с.
- [3] Groover M.P. *Automation, production systems, and computer-integrated manufacturing*. Pearson, 2019.
- [4] International Federation of Robotics (IFR). World Robotics Report, 2022.

Advantages and limitations of 4-axis manipulators

Ulanov Andrey Sergeevich

ulanovas@student.bmstu.ru

Akimenko Dmitry Andreevich

akimenko_d_a@bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

This article provides a comprehensive analysis of 4-axis industrial manipulators, which occupy a niche between simple mechanisms and complex robotic systems. Their key advantages — cost-effectiveness, high speed, and reliability — are examined in detail, along with systemic drawbacks, the most significant of which is limited flexibility. The material helps to identify the optimal application areas for this equipment and provides criteria for choosing between 4-axis and more maneuverable 6-axis counterparts depending on specific production tasks.

Keywords: *4-axis manipulator, SCARA robot, industrial automation, advantages and disadvantages, degrees of freedom, production flexibility, 6-axis robot*

УДК 62-529

Сравнительный анализ дифференциального и велосипедного приводов для интеллектуальных самодвижущихся мехатронных систем

Кузнецов Даниил Константинович

kuznetsovdk@student.bmstu.ru

Широкова Зинаида Георгиевна

shirokova.zg@bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Рассмотрена проблема выбора кинематической схемы привода для интеллектуальных самодвижущихся мехатронных систем. Проведено сравнение дифференциального и велосипедного приводов по ключевым параметрам. Показано, что дифференциальный привод обеспечивает минимальный радиус разворота и высокую маневренность, но уступает по курсовой устойчивости. Велосипедный привод демонстрирует лучшую устойчивость на прямолинейных участках. Сделаны выводы о целесообразности применения каждого типа приводов в различных условиях эксплуатации.

Ключевые слова: мехатронные системы, мобильный робот, дифференциальный привод, велосипедный привод, управление движением, маневренность

Развитие современных мехатронных систем требует тщательного подхода к выбору кинематической схемы привода. Дифференциальный и велосипедный приводы представляют собой две наиболее распространенные архитектуры, каждая из которых обладает уникальными характеристиками. Актуальность сравнительного анализа обусловлена необходимостью оптимизации проектных решений для конкретных условий эксплуатации мобильных роботов. Дифференциальный привод основан на использовании двух независимо управляемых ведущих колес. Кинематическая модель такого привода описывается системой уравнений, связывающей линейную и угловую скорости робота со скоростями вращения колес. Ключевым преимуществом данной схемы является возможность разворота на месте с нулевым радиусом, что обеспечивает исключительную маневренность в стесненных условиях. Однако при движении по прямой возникает необходимость постоянной коррекции курса из-за неизбежных различий в характеристиках двигателей и сцеплении колес. Велосипедный привод характеризуется наличием ведущего и управляемого колес. Его кинематическая модель существенно отличается от дифференциальной и включает параметры угла поворота управляемого колеса и колесной базы. Основное преимущество этой схемы — высокая курсовая устойчивость на прямолинейных участках траектории. Энергопотребление при движении по прямой значительно ниже, чем у дифференциального привода, поскольку отсутствуют потери на компенсацию отклонений курса [1].

Важным аспектом сравнения является также анализ динамических характеристик приводов, в частности их способности преодолевать неровности

поверхности и сохранять заданную траекторию при внешних возмущениях. Для дифференциального привода наличие двух независимых источников тяги позволяет в определенной степени компенсировать последствия наезда на локальное препятствие одним колесом за счет увеличения момента на другом. Однако это же свойство может приводить к повышенному дрейфу и развороту при движении по скользким или неоднородным покрытиям. Велосипедный привод, в свою очередь, демонстрирует более предсказуемую динамику на высоких скоростях благодаря конструктивной аналогии с классическими транспортными средствами. Тем не менее, при резком изменении коэффициента сцепления управляемого колеса возможно возникновение нелинейных эффектов в системе управления, что требует применения более сложных регуляторов, учитывающих скольжение и боковой увод [2].

Таким образом, фундаментальное различие между кинематическими схемами порождает принципиальную дилемму для проектировщика: выбор между маневренностью в ущерб курсовой устойчивости (дифференциальный привод) и стабильностью в ущерб маневренности (велосипедный привод). Этот компромисс становится особенно очевиден при анализе кинематических ограничений: если дифференциальный привод допускает произвольное изменение ориентации робота в любой точке плоскости, то для велосипедного привода изменение курса жестко связано с перемещением центра масс и требует пространства для выполнения маневра [3].

Помимо чисто кинематических и динамических свойств, существенное влияние на выбор типа привода оказывают архитектурные особенности системы управления и требования к точности позиционирования. Система управления дифференциальным приводом, как правило, строится на основе регуляторов скорости вращения каждого колеса, что предполагает использование относительно простых ПИД-регуляторов и датчиков энкодеров. Основная сложность заключается не в структуре регуляторов, а в необходимости точной калибровки и идентификации параметров двигателей и приводов для минимизации ошибки прямолинейного движения. В случае велосипедного привода система управления должна включать в себя контур управления углом поворота управляемого колеса, который является существенно нелинейным и сильно меняет свои свойства в зависимости от скорости движения робота. Это требует применения более совершенных методов управления, таких как каскадные системы, линейно-квадратичные регуляторы (LQR) или даже нелинейные стратегии, учитывающие зависимость между скоростью, углом поворота и минимальным радиусом кривизны траектории [4].

Проведенное исследование позволило количественно оценить сравнительные характеристики обоих типов приводов. Для дифференциального привода характерны: минимальный радиус разворота, высокая маневренность, но повышенное энергопотребление и сложность поддержания прямолинейного движения. Велосипедный привод демонстрирует: отличную курсовую устойчивость, энергоэффективность на прямой, но ограниченную маневренность и более сложную систему управления [5].

На основе анализа результатов сформулированы практические рекомендации по выбору типа привода. Дифференциальный привод целесообразно применять для роботов, работающих в условиях ограниченного пространства с частыми изменениями траектории. Велосипедный привод рекомендуется для систем, эксплуатирующихся на открытых пространствах с преобладанием прямолинейного движения на повышенных скоростях.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- [1] Сикорский Р.А. *Основы мобильной робототехники*. Москва, Техносфера, 2018, 324 с.
- [2] Martinez J.L. Kinematic Modeling of Tracked Mobile Robots. *Advanced Robotics*, 2015, vol. 29, no. 20, pp. 1335–1348.
- [3] Наумов В.Н. Математическая модель движения роботизированного транспортного средства. *Труды НАМИ*, 2017, № 3, с. 445–462.
- [4] Siegwart R. *Introduction to autonomous mobile robots*. MIT Press, 2011, 473 p.
- [5] Wong J.Y. *Theory of ground vehicles*. John Wiley & Sons, 2008, 592 p.

Comparative analysis of differential and cycle drives for intelligent self-propelled mechatronic systems

Kuznetsov Daniil Konstantinovich

kuznetsovdk@student.bmstu.ru

Shirokova Zinaida Georgievna

shirokova.zg@bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

This paper examines the problem of selecting a drive kinematic scheme for intelligent self-propelled mechatronic systems. Key parameters of differential and cylindrical drives are compared. It is shown that the differential drive provides a minimal turning radius and high maneuverability, but is inferior in directional stability. The cylindrical drive demonstrates better stability on straight sections. Conclusions are drawn regarding the feasibility of using each drive type under various operating conditions.

Keywords: *mechatronic systems, mobile robot, differential drive, bicycle drive, motion control, maneuverability*

УДК 62-529

Исследование вибрационных характеристик поворотного стола при высокоскоростной работе

Реднев Александр Алексеевич
Широкова Зинаида Георгиевна

rednevaa@student.bmstu.ru
shirokova.zg@bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Рассмотрены вопросы динамической устойчивости поворотных столов, функционирующих при повышенных скоростях вращения. Проанализированы основные источники вибраций, включая дисбаланс роторной системы, погрешности подшипниковых опор и недостаточную динамическую жесткость конструкции. Представлены подходы к численному и экспериментальному анализу вибрационных характеристик и рекомендации по снижению уровня вибраций, направленные на повышение точности позиционирования и надежности оборудования.

Ключевые слова: поворотный стол, вибрации, высокоскоростное вращение, дисбаланс, динамический анализ, модальный анализ, балансировка, метод конечных элементов

Современные станки с числовым программным управлением предъявляют особенно высокие требования к точности, стабильности и динамической устойчивости работы поворотных столов [1, 2]. При этом повышение скорости вращения позволяет значительно увеличить производительность технологических операций, снизить вспомогательное время и обеспечить более эффективное использование оборудования. Однако рост частоты вращения сопровождается усилением действия инерционных сил и повышением уровня вибраций [3]. Эти колебания оказывают прямое влияние на точность позиционирования, качество обработанной поверхности и долговечность узлов конструкции. Помимо этого, вибрации способствуют ускоренному износу подшипников, элементов крепления, приводных механизмов и других ответственных узлов, что со временем приводит к снижению общей надежности оборудования и необходимости проведения внепланового обслуживания [4].

Основные источники вибраций включают дисбаланс ротора, дефекты подшипников качения, недостаточную жесткость несущих элементов, а также конструктивные и кинематические особенности приводного механизма [5]. Дисбаланс возникает вследствие несовпадения центра масс ротора с его осью вращения, в результате чего при увеличении частоты вращения возрастает центробежная сила, создающая динамическое возмущение. Подшипниковые опоры формируют вибрации из-за радиального и осевого биения, а также переменной жесткости при перекатывании тел качения, что проявляется в виде пульсаций амплитуды колебаний. Конструкция поворотного стола обладает собственными резонансными частотами, и при совпадении их

с вынуждающими частотами возможно возникновение резонанса, сопровождающегося резким ростом амплитуды и снижением устойчивости работы [6]. Дополнительные возмущения в систему создают зубчатые и ременные передачи, серводвигатели и элементы управления, генерирующие моментные пульсации, электромагнитные колебания и вибрации, вызванные неточностью синхронизации вращения [7].

Для анализа вибрационного состояния применяются как численные, так и экспериментальные методы [1, 8]. Численное моделирование с использованием метода конечных элементов позволяет на этапе проектирования прогнозировать динамическое поведение конструкции, определять собственные частоты, формы колебаний и распределение напряжений. Гармонический и переходный анализы применяются для оценки отклика системы на внешние возмущения, изменения режимов вращения и переходные процессы при пуске и торможении. Экспериментальные исследования, в свою очередь, позволяют подтвердить достоверность расчетных моделей и уточнить реальные вибрационные характеристики узлов. Модальные испытания дают возможность выявить собственные частоты и формы колебаний конструкции, а методы вибродиагностики обеспечивают регистрацию сигналов в рабочем режиме, их спектральный анализ и определение основных источников вибраций, влияющих на эксплуатационные параметры оборудования.

На основании полученных данных разрабатываются меры по снижению уровня вибраций. Ключевым направлением является динамическая балансировка ротора на рабочих скоростях, позволяющая минимизировать силы дисбаланса и стабилизировать вращение. Применение активных систем балансировки обеспечивает автоматическую компенсацию неуравновешенности в процессе функционирования оборудования [2, 3]. Дополнительное снижение вибраций достигается за счет оптимизации конструкции поворотного стола на основе численного анализа, что способствует повышению динамической жесткости и смещению резонансных частот за пределы рабочего диапазона. Использование подшипников высокой точности с предварительным натягом уменьшает вибрации, вызванные геометрическими погрешностями, а применение виброизолирующих опор снижает передачу колебаний на станину, направляющие и другие элементы станка [4, 5].

Таким образом, исследование вибрационных характеристик поворотного стола при высокоскоростной работе представляет собой комплексную задачу, требующую сочетания теоретического моделирования, численного анализа и экспериментальной проверки. Выявление основных источников вибраций, анализ динамических процессов и разработка эффективных методов их компенсации позволяют существенно повысить точность, устойчивость и надежность работы оборудования. Полученные результаты могут быть использованы при проектировании, модернизации и эксплуатации высокопроизводительных систем, предназначенных для работы в условиях повышенных скоростей вращения, что делает данное направление важным элементом совершенствования современных технологических комплексов [6, 7].

Список источников

- [1] Воронов В.П. *Динамика и виброустойчивость металлорежущих станков*. Москва, Машиностроение, 2019, 312 с.
- [2] Чернышев А.Н., Кузнецов И.В. Влияние скоростных режимов на вибрации роторных систем. *Вестник машиностроения*, 2020, № 5, с. 44–49.
- [3] Третьяков Д.С. Повышение устойчивости высокоскоростных поворотных устройств. *Станки и инструмент*, 2021, № 3, с. 28–34.
- [4] Harris T.A., Kotzalas M.N. *Rolling bearing analysis*. Boca Raton, CRC Press, 2021, 1248 p.
- [5] Ewins D.J. *Modal testing: theory, practice and application*. Research Studies Press, 2000, 562 p.
- [6] Bathe K.J. *Finite element procedures*. Watertown, Klaus-Jürgen Bathe, 2014, 1036 p.
- [7] Rao S.S. *Mechanical Vibrations*. Pearson, 2017, 1070 p.
- [8] Герасимов В.И. *Динамика машин и вибрационные процессы*. Санкт-Петербург, Политехника, 2018, 285 с.

Investigation of vibration characteristics of rotary tables under high-speed operation

Rednev Alexander Alexeevich

rednevaa@student.bmstu.ru

Shirokova Zinaida Georgievna

shirokova.zg@bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

The article addresses issues of dynamic stability in rotary tables operating at high rotational speeds. The main sources of vibrations are analyzed, including rotor system imbalance, bearing support errors, and insufficient dynamic structural stiffness. Approaches for numerical and experimental analysis of vibration characteristics are presented, along with recommendations for reducing vibration levels aimed at improving positioning accuracy and equipment reliability.

Keywords: rotary table, vibrations, high-speed rotation, imbalance, dynamic analysis, modal analysis, balancing, finite element method

УДК 62-529

Современная классификация роботов параллельной структуры

Коростелев Игорь Владимирович

igor.korostelev04@mail.ru

Бартюк Кирил Сергеевич

ffc71851@gmail.com

Орехов Сергей Юрьевич

Serg31057@mail.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Рассмотрены современные подходы к классификации роботов параллельной структуры. Представлены системы классификации по кинематическим, структурным и функциональным признакам. Проанализированы традиционные и новые классы параллельных механизмов, включая гибридные системы. Показано развитие классификационных подходов с учетом современных тенденций в робототехнике. Сделаны выводы о преимуществах комплексной классификации для проектирования и применения параллельных роботов в различных областях техники.

Ключевые слова: *роботы параллельной структуры, классификация параллельных роботов, степени свободы, неполнопараллельные роботы, параллельно-последовательные роботы, последовательно-параллельные роботы*

Современная классификация роботов параллельной структуры представляет собой сложную многоуровневую систему, учитывающую различные аспекты, такие как конструкция, функционал и сфера применения. Данное разнообразие критериев обусловлено стремительным развитием параллельных роботов и появлением новых гибридных архитектур, требующих систематизации для их эффективного применения в промышленности и научных исследованиях.

Основным критерием традиционной классификации остается количество степеней свободы, определяемое по формуле Сомова — Малышева: $W = 6n - 5p_5 - 4p_4 - 3p_3 - 2p_2 - p_1$. По этому признаку выделяют шести-, пяти-, четырех-, трех- и двухстепенные системы соответственно [1]. Однако в настоящее время существует достаточно сильно отличающихся друг от друга архитектур параллельных робототехнических систем, которые, тем не менее, относятся к одному классу. По этой причине в современной практике существует ряд подклассификаций, которые используются в дополнение к традиционной. Именно такая система из шести классов, подразделяемых на подклассы по различным дополнительным характеристикам, составляет структуру современной классификации роботов параллельной структуры.

Одной из самых широких подклассификаций считается разделение на плоские и пространственные манипуляторы. Как можно понять из названия, к первой группе относятся манипуляторы, архитектура которых рассчитана на совершение движения лишь в определенной плоскости. Данный подкласс присутствует лишь у параллельных роботов с двумя или тремя степенями свободы. Ко второй же группе относятся манипуляторы, способные перемещаться в нескольких плоскостях. Они имеют от трех до шести степеней свободы [1–3].

Также существует подклассификация параллельных робототехнических систем, подразделяющая их на полнопараллельные и неполнопараллельные [2]. К первым относятся классические архитектуры, а к последним — гибридные, которые сочетают преимущества параллельной и последовательной структур. Среди неполнопараллельных систем также есть разделение: среди них выделяют три основных типа: параллельно-последовательные, последовательно-параллельные и параллельно-перекрестные роботы.

Еще одним способом разделения на подклассы, использующимся в настоящее время, является разделение на роботов с платформенной структурой и роботов с направляющими. В первую группу входят архитектуры, в основе которых находятся две платформы (неподвижная и подвижная), соединенные между собой кинематическими цепями. Во вторую же — системы, в основе которых лежит одна или несколько направляющих, вдоль которых совершают движение кинематические цепи, к которым прикреплена подвижная платформа [4]. В обеих группах присутствует также внутреннее деление на основе количества кинематических цепей: роботов с двумя кинематическими цепями называют диподы, с тремя — триподы, с четырьмя — квадро-поды, с пятью — пентаподы, с шестью — гексаподы, с семью и более — роботы с избыточным числом кинематических цепей [1, 2].

Особый интерес для широкой аудитории представляет подклассификация роботов, делящая их по их функциональным возможностям. Выделяют следующие типы: высокоскоростные манипуляторы, манипуляторы с высокой точностью позиционирования, симуляторы движения и другие. Такой подход позволяет оптимально подбирать архитектуру робота под конкретные технологические задачи. Например, существуют применяемые в микрохирургии роботы-ассистенты, в основе которых лежит архитектура шестистепенного манипулятора с высокой точностью позиционирования, а в области обучения управлению различными транспортными средствами используют симуляторы движения на основе архитектуры платформы Стюарта или платформы с круговой направляющей, станки с числовым управлением на основе декартовых роботов [3, 4].

Современная комплексная классификация параллельных роботов обеспечивает системный подход к их каталогизации, помогает при проектировании, позволяя отталкиваться от реализованных при схожих функциональных характеристиках и сферах применения конструктивных решений. Она учитывает не только структурные и кинематические особенности, но и функциональные характеристики, что позволяет более эффективно использовать преимущества параллельных структур в различных областях техники — от высокоточного машиностроения до медицинской робототехники. Дальнейшее развитие классификации будет связано с появлением новых архитектур, расширяющих функциональные возможности и структурное разнообразие параллельных роботов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- [1] Гапоненко Е.В. *Динамика управляемого движения робота-трипода с шестью степенями подвижности*. Дис. ... канд. техн. наук. Белгород, 2014, 219 с.
- [2] Merlet J.-P. *Parallel Robots*. URL: <https://link.springer.com/book/10.1007/1-4020-4133-0> (accessed 21.10.2025).
- [3] Patel Y.D., George P.M. Parallel Manipulators Application — A Survey. *Modern Mechanical Engineering*, 2012, vol. 2, pp. 57–64. <http://doi.org/10.4236/mme.2012.23008>
- [4] Скворцов С.А. *Разработка и анализ механизмов параллельной структуры с круговой направляющей*. Дис. ... канд. техн. наук. Москва, 2016, 118 с.

Modern classification of parallel structure robots**Korostelev Igor Vladimirovich**

igor.korostelev04@mail.ru

Bartiuk Kiril Sergeevich

ffc71851@gmail.com

Orekhov Sergey Yurievich

Serg31057@mail.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

Modern approaches to the classification of parallel structure robots are considered. Classification systems based on kinematic, structural, and functional features are presented. Traditional and new classes of parallel mechanisms, including hybrid systems, are analyzed. The evolution of classification approaches in line with modern trends in robotics is shown. Conclusions are drawn about the advantages of a comprehensive classification for the design and application of parallel robots in various fields of engineering.

Keywords: *parallel structure robots, parallel robots' classification, degrees of freedom, non-fully parallel robots, parallel-serial robots, serial-parallel robots*

УДК 62.523.8

Применение машинного зрения для точного позиционирования робота - манипулятора

Петров Антон Витальевич

pav04p@gmail.com

Орехов Сергей Юрьевич

serg31057@mail.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Рассмотрены методы применения систем машинного зрения для повышения точности позиционирования роботов-манипуляторов в производственных и исследовательских установках. Проанализированы алгоритмы обработки изображений, методы калибровки и интеграции систем технического зрения в структуру управления роботом. Приведены примеры повышения точности и адаптивности манипуляторов при использовании современных средств компьютерного зрения.

Ключевые слова: машинное зрение, робот-манипулятор, калибровка, точное позиционирование, распознавание изображений

Современные промышленные роботы-манипуляторы широко применяются в автоматизированных технологических процессах, требующих высокой точности и стабильности позиционирования. Однако классические системы управления, основанные только на кинематических и сенсорных данных, не всегда способны компенсировать внешние возмущения или неточности калибровки [1]. Решением данной проблемы является использование машинного зрения — технологии, позволяющей анализировать визуальную информацию и корректировать действия манипулятора в реальном времени [2].

Машинное зрение представляет собой совокупность аппаратных и программных средств, обеспечивающих восприятие, обработку и интерпретацию визуальной информации. Основными элементами системы являются камера, осветительная установка, модуль обработки изображений и алгоритмы распознавания объектов [3]. В контексте управления манипулятором, машинное зрение позволяет определять положение и ориентацию объектов, а также оценивать пространственные параметры сцены [4].

Для обеспечения точного позиционирования робота-манипулятора используются методы калибровки и обратной связи на основе визуальных данных. Калибровка камеры и манипулятора позволяет определить параметры преобразования между системой координат камеры и координатами захвата [5]. Применяются алгоритмы визуального сервоконтроля (Visual Servoing), основанные на анализе изменений изображения в зависимости от движения манипулятора [2, 6]. Данный подход позволяет корректировать положение исполнительных органов с учетом реальных визуальных данных, а не только расчетных моделей.

Ключевую роль в реализации систем машинного зрения играют алгоритмы обработки изображений. Наиболее распространенными являются методы

фильтрации, детектирования контуров, сегментации и распознавания [3, 7]. Для задач позиционирования применяются алгоритмы SIFT, SURF, ORB, обеспечивающие устойчивое распознавание характерных точек на изображении [7]. Современные системы используют нейронные сети, обученные на наборах данных изображений деталей и объектов, что позволяет роботу адаптироваться к различным условиям освещения и фону [8].

Интеграция систем машинного зрения в структуру управления роботом осуществляется через программные интерфейсы и модули обмена данными. На практике широко применяются библиотеки OpenCV, ROS (Robot Operating System) и MATLAB Robotics Toolbox [2, 3]. Визуальные данные поступают в систему управления, где используются для формирования корректирующих сигналов по положению звеньев манипулятора. Это позволяет достигать субмиллиметровой точности позиционирования при выполнении сборочных и сварочных операций [5].

На практике использование машинного зрения позволяет значительно повысить точность и автономность роботов. Например, при сборке микромеханических устройств визуальная коррекция снижает погрешность позиционирования на 30–50 % [2]. В производственных линиях внедрение систем визуального контроля позволяет автоматически корректировать отклонения и компенсировать износ инструментов [5, 8]. Такие системы находят применение в электронике, машиностроении и биомедицинских технологиях [4].

Применение машинного зрения в робототехнике является ключевым направлением повышения точности и адаптивности манипуляторов. Современные методы визуального контроля и анализа изображений обеспечивают гибкость управления и устойчивость к внешним воздействиям. Дальнейшее развитие технологий машинного зрения связано с интеграцией искусственного интеллекта, нейронных сетей и облачных вычислений, что позволит создавать полностью автономные и самообучающиеся робототехнические комплексы [6, 8].

Список источников

- [1] ГОСТ Р 58721–2019. *Роботы промышленные. Термины и определения*. Москва, Стандартинформ, 2019.
- [2] Болтин Н.А. *Машинное зрение в системах управления роботами*. Москва, Машиностроение, 2019, 276 с.
- [3] Козлов О.В. *Методы обработки изображений в системах машинного зрения*. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018, 184 с.
- [4] Баранов В.А., Иванов И.Н. *Техническое зрение и его применение в робототехнике*. Санкт-Петербург, Политехника, 2020, 312 с.
- [5] Кондратьев А.С. *Системы управления промышленными роботами*. Казань, КГТУ, 2021, 245 с.
- [6] Лапшин В.В. *Интеллектуальные технологии в робототехнических системах*. Москва, Радио и связь, 2017, 228 с.
- [7] Соловьев П.А., Ермаков Д.Н. *Обработка изображений и распознавание объектов*. Москва, Физматлит, 2016, 320 с.

- [8] Титов Е.В. Робототехнические комплексы с системами машинного зрения: теория и практика. Москва, Инфра-М, 2022, 290 с.

Application of machine vision for precise positioning of a robotic manipulator

Petrov Anton Vitalievich

pav04p@gmail.com

Orekhov Sergey Yurievich

serg31057@mail.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

This article examines methods for using machine vision systems to improve the positioning accuracy of robotic manipulators in production and research facilities. Image processing algorithms, calibration methods, and the integration of machine vision systems into the robot control structure are analyzed. Examples of improving the accuracy and adaptability of manipulators using modern computer vision tools are provided.

Keywords: machine vision, robotic manipulator, calibration, precise positioning, image recognition

УДК 62.523.8

Исследование эффективности централизованных и децентрализованных методов управления группами мобильных роботов

Чичерин Михаил Владимирович

misha.chicheri@yandex.ru

Васильчук Николай Юрьевич

vasilchuknu@bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Статья посвящена исследованию эффективности централизованных и децентрализованных методов управления группами мобильных роботов. В симуляционной среде ROS 2 с использованием платформы Arduino проведен сравнительный анализ, показавший, что централизованное управление обеспечивает на 15 % более высокую точность координации групп до 5 роботов, но увеличивает задержки на 30 % при масштабировании. Децентрализованные методы отличаются лучшей отказоустойчивостью и сохраняют работоспособность при выходе из строя до 40 % агентов. Гибридные подходы сочетают преимущества обеих архитектур и эффективны для логистических систем.

Ключевые слова: группы мобильных роботов, централизованное управление, децентрализованное управление, масштабируемость, отказоустойчивость, ROS 2

Современные задачи в области логистики, мониторинга и поисково-спасательных операций требуют применения групп мобильных роботов, способных функционировать согласованно. Эффективность таких систем напрямую зависит от выбранной архитектуры управления. В рамках научно-исследовательской работы проведен комплексный анализ электронных библиотечных ресурсов и интернет-источников по методам управления группами автоматических роботов [1]. На сегодняшний день доминируют два подхода: централизованный, основанный на едином управляющем центре, и децентрализованный, предполагающий распределенное принятие решений [2].

Целью работы является сравнительный анализ эффективности централизованных и децентрализованных методов управления группами мобильных роботов. Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- провести анализ современных архитектур управления;
- исследовать их характеристики по ключевым критериям;
- экспериментально оценить эффективность методов в симуляционной среде с использованием платформы ROS 2.

В ходе исследования проведен анализ существующих решений по реализации систем управления коллективами роботов. Централизованное управление характеризуется наличием единого контроллера, который собирает информацию от всех роботов и распределяет команды. Данный подход обеспечивает высокую точность координации и простоту реализации, но обладает низкой масштабируемостью и создает риск единой точки отказа [3].

Как показали эксперименты, централизованное управление обеспечивает высокую точность картографии и согласованность, но увеличивает нагрузку на управляющий сервер. При масштабировании наблюдается увеличение времени выполнения из-за сетевых задержек.

Децентрализованное управление основано на локальном взаимодействии роботов, каждый из которых принимает решения автономно на основе данных от собственных сенсоров и ограниченного обмена информацией с соседями. Это обеспечивает высокую отказоустойчивость и адаптивность, но усложняет достижение глобальной оптимальности [4]. Децентрализованный подход показал более низкое энергопотребление и лучшую параллелизацию задач, но уступал по точности координации.

Экспериментальное исследование проводилось в симуляционной среде ROS 2 [5] с использованием аппаратной платформы на базе Arduino. Были реализованы две архитектуры управления для группы из 5 роботов, решающих задачу координации движения в ограниченном пространстве.

Для обеспечения надежной работы системы решены проблемы синхронизации времени между Arduino и ROS 2 узлами через настройку сервера времени NTP (через `chrony`), что снизило расхождение до ± 2 мс. Проблема потери пакетов при передаче решалась увеличением таймаутов и установкой профиля надежности QoS. Для предотвращения столкновений в системе реализован алгоритм ORCA, позволяющий динамически перепланировать траектории с учетом движений соседних агентов. Использовался плагин `teb_local_planner` для ROS 2 Nav2 [6], а картографирование выполнялось через пакет `multi_robot_map_merge`.

Результаты экспериментов показали, что централизованное управление обеспечивает точность координации на 15 % выше, чем децентрализованное, но приводит к увеличению задержек на 30 % при масштабировании системы. Децентрализованное управление продемонстрировало лучшую адаптивность к динамическим препятствиям и сохраняло работоспособность при выходе из строя до 40 % агентов.

Практические эксперименты подтвердили, что при использовании Arduino в составе многоагентной системы возможно построение масштабируемой и энергоэффективной архитектуры. Для небольших групп из 3–5 роботов целесообразно применять централизованное или иерархическое управление, позволяющее сохранять точность и простоту отладки. В то же время, для задач, где требуется высокая автономность и устойчивость к сбоям связи, предпочтение следует отдавать децентрализованным (ройевым) методам.

Проведенное исследование подтвердило, что централизованные и децентрализованные методы управления обладают взаимодополняющими преимуществами. Централизованные системы эффективны для детерминированных задач с жесткими требованиями к точности, в то время как децентрализованные подходы оптимальны для динамичных сред с требованиями к масштабируемости и отказоустойчивости. Перспективным направлением является разработка гибридных архитектур, сочетающих преимущества обоих подходов

для создания эффективных систем управления группами мобильных роботов в промышленных условиях.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- [1] Широкова З.Г., Пашенко В.Н. Методы управления группами мобильных роботов в логистических системах. Робототехника и техническая кибернетика, 2023, № 1(15), с. 45–52.
- [2] Brambilla M., Ferrante E., Birattari M., Dorigo M. Swarm robotics: a review from the swarm engineering perspective. Swarm Intelligence, 2013, vol. 7, no. 1, pp. 1–41.
- [3] Khamis A., Hussein A., Elmogy A. Multi-robot task allocation: A review of the state-of-the-art. Cooperative robots and sensor networks 2015, Springer, Cham, 2015, pp. 31–51.
- [4] Parker L.E. Distributed intelligence: overview of the field and its application in multi-robot systems. Journal of Physical Agents, 2008, vol. 2, no. 1, pp. 5–14.
- [5] Quigley M., Conley K., Gerkey B. et al. ROS: An open-source robot operating system. ICRA Workshop on Open Source Software, 2009, 5 p.
- [6] Macenski S., Martin F., White R., Clavero J.G. The Marathon 2: A Navigation Framework. IEEE Transactions on Robotics, 2020, vol. 36, no. 3, pp. 707–722.

Investigation of the effectiveness of centralized and decentralized control methods for mobile robot groups

Chicherin Mikhail Vladimirovich

misha.chicheri@yandex.ru

Vasilchuk Nikolay Yuryevich

vasilchuknu@bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

The article is devoted to the study of the effectiveness of centralized and decentralized control methods for mobile robot groups. The application of various control architectures in the ROS 2 simulation environment using an Arduino-based hardware platform is considered. The results of a comparative analysis are presented, showing that centralized control provides 15 % higher coordination accuracy for groups of up to 5 robots but leads to a 30 % increase in delays when scaling. Decentralized methods demonstrate better fault tolerance and maintain operability when up to 40 % of agents fail. Conclusions are made that hybrid approaches can be applied to create effective robot control systems in logistics and warehouse complexes, combining the advantages of both architectures.

Keywords: *mobile robot groups, centralized control, decentralized control, scalability, fault tolerance, ROS 2*

УДК 62.503.8

Особенности кинематики шагающих роботов

Лисицын Максим Владимирович

maksimlisitcin@mail.ru

Кондрашов Иван Владимирович

ivan_kondrashov_2004@mail.ru

Пашенко Василий Николаевич

pashenkovn@inbox.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Проведен детальный анализ кинематических особенностей шагающих роботов различных типов — от двуногих антропоморфных конструкций до многоногих платформ, предназначенных для передвижения в сложных условиях. Особое внимание уделено методам решения прямой и обратной задач кинематики, которые адаптированы с учетом специфики динамической походки и строгих требований к статической и динамической устойчивости. Рассмотрены практические примеры кинематических моделей (с 3 и 6 степенями свободы) и современных алгоритмов управления, включая методы опорных поверхностей и адаптивные нейросетевые подходы, которые в совокупности обеспечивают роботам стабильное и энергоэффективное перемещение по неструктурированным и сложным поверхностям.

Ключевые слова: шагающий робот, кинематика, походка, устойчивость, обратная задача кинематики, степеней свободы

Современные шагающие роботы представляют собой сложные мехатронные системы, предназначенные для перемещения по пересеченной местности и в тех условиях, где применение колесных или гусеничных платформ затруднено или невозможно [1]. Основой управления движением таких роботов является кинематический анализ, который определяет взаимосвязь между углами поворота в суставах (обобщенными координатами) и положением звеньев робота в пространстве [2].

Кинематика шагающих роботов существенно отличается от кинематики манипуляторов, так как включает в себя не только управление положением конечности относительно корпуса, но и синтез походки — циклической последовательности движений, обеспечивающей устойчивое поступательное перемещение всего аппарата [3]. Для описания кинематики ног чаще всего используются модели с вращательными и реже с поступательными кинематическими парами, образующие разомкнутую или замкнутую кинематическую цепь [4].

Основными задачами кинематического анализа являются прямая и обратная задачи кинематики. Прямая задача заключается в определении положения и ориентации стопы (или другого рабочего органа) ноги относительно корпуса по известным углам в суставах. Обратная задача, критически важная для управления, заключается в нахождении требуемых углов в суставах для обеспечения заданного положения и ориентации стопы в пространстве [2, 5]. Для многоногих роботов обратная задача решается для каждой ноги независимо, однако с учетом общей кинематической схемы и ограничений.

Особенностью кинематики шагающих систем является необходимость обеспечения статической или динамической устойчивости. При статической устойчивости вертикальная проекция центра масс робота должна всегда находиться внутри многоугольника, образованного точками опоры [1]. Это накладывает дополнительные ограничения на возможные траектории движения корпуса и ног, которые должны учитываться при кинематическом планировании [6].

Ключевую роль в реализации устойчивой походки играет кинематическая модель и ее параметры. Наиболее распространенными являются модели ног с 3 и 6 степенями свободы. Трехзвенные модели с тремя степенями свободы (например, типа «бедро-голень-стопа») обеспечивают базовое перемещение в пространстве и широко используются в учебных и простых промышленных образцах [3]. Шестизвенные модели (аналогично манипуляторам) обеспечивают большую гибкость и возможность изменения ориентации стопы относительно рельефа, что критично для преодоления препятствий [4, 7].

Для синтеза и анализа походки применяются различные алгоритмы, включая метод опорных поверхностей, теорию конечных автоматов и алгоритмы, основанные на предикатах устойчивости [5, 6]. Современные подходы предполагают использование методов оптимального управления и нейросетевых технологий для адаптации походки к изменяющимся условиям окружающей среды [8].

Интеграция кинематических моделей в систему управления осуществляется через специализированное программное обеспечение, такое как ROS (Robot Operating System), MATLAB/Simulink, Webots и Gazebo [4, 7]. Эти среды позволяют проводить моделирование, отладку алгоритмов планирования движений и управления перед их реализацией на реальном оборудовании.

На практике применение точных кинематических моделей позволяет добиться высокой устойчивости и энергоэффективности шагающих роботов. Например, использование адаптивных алгоритмов обратной кинематики в антропоморфных роботах позволяет снизить энергопотребление на 15–20 % при ходьбе по наклонным поверхностям [2]. В многоногих роботах кинематическое планирование с учетом рельефа позволяет преодолевать препятствия, высота которых сопоставима с длиной ног [8].

Таким образом, кинематический анализ является фундаментальной основой для создания эффективных и устойчивых шагающих роботов. Дальнейшее развитие связано с усложнением кинематических моделей, интеграцией данных с датчиков силы и момента, а также с применением методов искусственного интеллекта для создания полностью адаптивных систем, способных к автономному передвижению в экстремальных условиях [6, 8].

Список источников

- [1] ГОСТ Р 60062–2020. *Роботы мобильные. Термины и определения*. Москва, Стандартинформ, 2020.
- [2] Воронцов А.С. *Кинематика и динамика шагающих роботов*. Москва, Наука, 2020, 298 с.
- [3] Жуков К.А. *Планирование движений шагающих роботов*. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018, 201 с.
- [4] Григорьев М.П., Федоров С.И. *Механика роботов: шагающие и ползающие системы*. Санкт-Петербург, Лань, 2019, 345 с.
- [5] Зимин В.В. *Теория управления движением многоногих машин*. Москва, Физматлит, 2017, 274 с.
- [6] Новиков Д.А. *Интеллектуальные системы управления роботами*. Москва, Радио и связь, 2021, 312 с.
- [7] Орлов Р.С., Беляев К.Д. *Моделирование робототехнических систем в ROS и Gazebo*. Москва, ДМК Пресс, 2022, 289 с.
- [8] Тимофеев А.В. *Нейросетевые алгоритмы в адаптивном управлении роботами*. Москва, Инфра-Инженерия, 2023, 330 с.

Features of walking robot kinematics

Lisitsyn Maksim Vladimirovich

ivanov.alex@mail.ru

Kondrashov Ivan Vladimirovich

ivan_kondrashov_2004@mail.ru

Pashchenko Vasily Nikolaevich

pashenkovn@inbox.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

This article examines the features of the kinematic analysis of various types of walking robots — from bipedal anthropomorphic to multi-legged platforms. Methods for solving forward and inverse kinematics problems, taking into account the specifics of gait and stability requirements, are analyzed. Examples of kinematic models and control algorithms that ensure stable movement on complex surfaces are provided.

Keywords: walking robot, kinematics, gait, stability, inverse kinematics, degrees of freedom

УДК 62.529

Волновые редукторы с промежуточными телами качения: проблемы, перспективы и применение в робототехнике

Иблиаминов Марат Нургаянович

ibliaminovmn@student.bmstu.ru

Орехов Сергей Юрьевич

Serg31057@mail.ru

Моников Александр Сергеевич

imonikov@yandex.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Рассмотрены особенности конструкции и функционирования волновых редукторов с промежуточными телами качения, а также их роль в обеспечении высокой точности и надежности приводов робототехнических систем. Показаны преимущества использования промежуточных тел качения по сравнению с традиционными волновыми редукторами, включая повышение ресурса и КПД. Рассмотрены актуальные проблемы, такие как сложность точного изготовления компонентов и обеспечение кинематической согласованности. Определены направления развития технологий для интеграции ВРПТК в мехатронные и робототехнические системы нового поколения.

Ключевые слова: волновой редуктор, промежуточные тела качения, робототехника, привод, точность, деформация, мехатроника

Волновые редукторы представляют собой особый класс передач, основанных на управляемой упругой деформации гибкого звена. Данный принцип обеспечивает высокие передаточные отношения при малых габаритах и массе, что делает такие передачи незаменимыми в приводах промышленных и антропоморфных роботов. Волновые редукторы применяются в прецизионных сервомеханизмах, авиационных приводах и медицинской робототехнике, где требуется высокая точность позиционирования и минимальные зазоры [1]. Однако традиционные схемы волновых редукторов (ВР) имеют существенные ограничения, связанные с концентрацией напряжений в зоне контакта гибкого колеса и генератора волн, высоким уровнем трения и ограниченным сроком службы, что приводит к снижению точности и необходимости частого обслуживания [2].

Волновые редукторы с промежуточными телами качения (ВРПТК) представляют собой модификацию классической схемы, в которой упругая деформация передается через систему шариков или роликов, расположенных между генератором волн и гибким зубчатым колесом. Такая конструкция позволяет существенно снизить силы трения и износ, а также повысить КПД за счет перехода от скольжения к качению [3]. Благодаря введению промежуточных тел удастся добиться более равномерного распределения нагрузок по периферии волнового генератора, уменьшить локальные деформации гибкого колеса и повысить долговечность всей передачи [4]. Использование роликов в качестве элементов передачи деформации снижает чувствительность

конструкции к микродефектам поверхности и вибрационным колебаниям, что улучшает стабильность работы при многомиллионных циклах нагружения.

Проблематика ВРПТК заключается, прежде всего, в сложностях обеспечения кинематической точности при минимальных зазорах. Основное требование при проектировании заключается в согласовании упругих характеристик гибкого колеса с жесткостью системы промежуточных тел. При избыточной жесткости происходит нарушение синусоидального профиля волны, а при недостаточной — фазовое рассогласование зубчатого зацепления. Анализ методом конечных элементов показывает, что оптимальное соотношение радиальной деформации гибкого колеса и радиуса тел качения должно составлять 1:200–1:300 для обеспечения устойчивой передачи момента без проскальзывания [5]. При численном моделировании также учитываются температурные деформации, поскольку длительная работа при переменных нагрузках вызывает изменение профиля деформации и перераспределение контактных усилий.

Дополнительной задачей является обеспечение высокой точности изготовления компонентов. Для ВРПТК применяются высокоточные шариковые или роликовые элементы, изготавливаемые по 5–6 качеству, что требует применения методов лазерного измерения и микрошлифования. Геометрия гибкого колеса должна иметь отклонения формы не более 10–15 мкм, а поверхность подвергается ионному азотированию или лазерному легированию для повышения износостойкости [6]. Для облегченных конструкций используются титановые и алюминиевые сплавы с наноструктурным покрытием, обеспечивающим низкий коэффициент трения.

Перспективы развития ВРПТК связаны с интеграцией редукторов данного типа в компактные сервомодули с датчиками момента и угла поворота. Это обеспечивает возможность создания интеллектуальных приводов для роботов-манипуляторов, экзоскелетов и мобильных платформ [7]. Применение технологий прецизионного шлифования, электроэрозионной обработки и аддитивного производства позволяет повысить ресурс до 20 000 часов при КПД выше 85 %, что сопоставимо с характеристиками волновых редукторов с гибким подшипником.

В сравнении с редукторами типа Harmonic Drive, конструкции с промежуточными телами качения демонстрируют меньшие угловые зазоры (до 0,3–0,5 угл. мин) и более плавный ход при реверсе, что особенно важно для систем точного позиционирования [8]. Эти преимущества определяют востребованность ВРПТК в современных робототехнических комплексах, где требуется сочетание высокой кинематической точности, энергоэффективности и компактности.

Наиболее актуальные направления исследований включают разработку адаптивных генераторов волн с регулируемой амплитудой, моделирование динамических характеристик с учетом нелинейных упругих свойств материалов и интеграцию с системами активного демпфирования. Предполагается, что сочетание ВРПТК с интеллектуальными электроприводами и системами

цифрового управления позволит создать энергоэффективные, компактные и самокалибрующиеся исполнительные механизмы нового поколения.

Таким образом, волновые редукторы с промежуточными телами качения представляют собой перспективное направление развития приводной техники. Их внедрение в робототехнические системы обеспечивает повышение точности, надежности и ресурса работы, а также снижение шумов и энергопотерь, что делает ВРПТК важным элементом мехатронных комплексов будущего.

Список источников

- [1] Халимов Р.А., Гладков А.Н. *Волновые редукторы с телами качения: расчет и испытания*. Москва, Машиностроение, 2020, 176 с.
- [2] Yamamoto T., Kagawa H. Rolling wave gear drives for precision robotics. *Journal of mechanical design*, 2019, vol. 141, no. 8, pp. 1–10.
- [3] Гусев В.П., Лисицын Е.М. Моделирование деформаций гибкого колеса в волновых редукторах нового типа. *Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Машиностроение*, 2022, № 4, с. 33–42.
- [4] Ishida Y. Advances in harmonic drive technologies and their applications in collaborative robotics. *Mechatronics Review*, 2021, vol. 18, pp. 115–128.
- [5] Park J., Lee D. Thermal deformation effects in precision wave gears for robotics applications. *Robotics and computer-integrated manufacturing*, 2020, vol. 64, pp. 101–115.
- [6] Кудрявцев А.В., Сергеев Д.Н. Проблемы точности и вибронагруженности волновых передач с промежуточными телами. *Известия высших учебных заведений. Машиностроение*, 2023, № 7, с. 22–29.
- [7] Li S., Zhao H. Tribological Optimization of Rolling Wave Drives Using Hard Coatings. *Wear*, 2021, vol. 480–481, art. no. 203945.
- [8] Fujimoto K., Nakahara T. Surface hardening and grinding technologies for high-durability wave drives. *Precision Engineering*, 2022, vol. 77, pp. 245–257.

Wave reducers with intermediate rolling elements: problems, prospects and applications in robotics

Ibliaminov Marat Nurgaijanovich ibliaminovmn@student.bmstu.ru

Orekhov Sergey Yurievich Serg31057@mail.ru

Monikov Aleksandr Sergeevich imonikov@yandex.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

The article examines the design features and operational principles of wave gear reducers with intermediate rolling elements, as well as their role in ensuring the accuracy and reliability of robotic drives. The advantages of using rolling elements compared to traditional wave reducers are highlighted, including increased efficiency and service life. Current challenges, such as precision manufacturing and kinematic alignment, are discussed, and development directions are proposed for integrating this type of reducer into next-generation mechatronic systems.

Keywords: wave gear reducer, rolling elements, robotics, drive, precision, deformation, mechatronics

УДК 62.523.8

Навигация мобильного робота на основе технологии стереозрения

Хайкин Павел Юрьевич

pavelkhaikin@gmail.com

Орехов Сергей Юрьевич

Serg31057@mail.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Рассмотрены основные принципы работы технологии стереозрения, области его применения в современной робототехнике, а также выявлены преимущества и недостатки. Определены основные навигационные задачи, такие как построение 3D-карты местности, обнаружение и объезд препятствий, планирование траектории, ориентация на местности. Цель доклада — проанализировать возможности применения систем управления для мобильных роботов, основанных на алгоритмах стереозрения и обосновать актуальность внедрения данной технологии.

Ключевые слова: стереозрение, карта глубины, камера, стереопара

В современном мире автономные мобильные роботы становятся неотъемлемой частью складов, заводов, сервисной индустрии и даже наших домов. Ключевой вызов, стоящий перед любым таким роботом, — это способность безопасно и эффективно ориентироваться в сложной, изменчивой среде. Среди множества сенсорных технологий стереозрение занимает особое место, предлагая роботу нечто, очень близкое к бинокулярному зрению человека.

Стереозрение — это технология, позволяющая получать информацию о трехмерной структуре окружающего пространства с помощью двух или более камер, разнесенных на определенное расстояние (базис). Принцип ее работы основан на стереоскопическом эффекте, аналогичном тому, как видят люди [1].

Две камеры, установленные на одном основании (стереопара), одновременно видят изображение одной и той же сцены, но с немного разных точек обзора. Затем специальное программное обеспечение анализирует эти два изображения, находя соответствия между ключевыми точками (пикселями) на левом и правом кадрах. Чем ближе объект к камерам, тем больше будет смещение (параллакс) его проекций на двух изображениях. На основе этого смещения, известного как диспаратность, и калибровочных параметров камер (фокусное расстояние, базис) вычисляется точное расстояние до каждой точки сцены [2].

Результатом этого процесса является карта глубины (depth map) — изображение, где цвет каждого пикселя кодирует расстояние от камеры до объекта в этой точке.

Получив карту глубины, робот может решать целый комплекс навигационных задач.

1. Построение 3D-карты местности (SLAM). Одной из главных задач является Simultaneous Localization and Mapping (SLAM) — одновременное построение карты неизвестной среды и определение собственного положения

на ней. Стереокамера идеально подходит для визуального SLAM (V-SLAM) [3]. Она не только отслеживает перемещение самого робота по характерным точкам в последовательных кадрах (одометрия), но и сразу получает для этих точек метрические данные о глубине. Это позволяет строить не просто 2D-карту, а плотную 3D-карту окружения, включающую препятствия, неровности пола, потолок и другие объекты.

2. Обнаружение и объезд препятствий. Карта глубины позволяет роботу в реальном времени «видеть» мир в трех измерениях. Алгоритмы анализа изображения выделяют области, где расстояние резко уменьшается — это и есть препятствия. Робот может классифицировать их по высоте, ширине и расстоянию, принимая решение: объехать слева, справа или остановиться. В отличие от однокамерных систем, стереозрение не требует движения робота для оценки расстояния, что делает реакцию более быстрой и безопасной [4].

3. Планирование траектории. Зная расположение препятствий и имея 3D-карту, система планирования движения может построить оптимальный и безопасный маршрут от точки А до точки Б. Стереозрение позволяет учитывать не только статические, но и динамические препятствия (например, людей), постоянно обновляя план движения.

4. Ориентация на местности. Используя данные о глубине и визуальные особенности (ориентиры), робот может точно определять свое положение в пространстве, даже если временно потерял сигнал GPS (что критично для работы внутри помещений).

Преимущества стереозрения:

- богатство информации: один сенсор предоставляет и цветное текстурированное изображение, и метрические данные о глубине;

- пассивность: технология не излучает никаких сигналов (в отличие от лидаров), что делает ее энергоэффективной и незаметной, а также безопасной для людей и животных;

- работа в помещении и на улице: эффективно работает как внутри помещений, так и на улице при хорошем освещении;

- разрешение: позволяет получать карты глубины с высоким разрешением, что важно для обнаружения мелких препятствий.

Вызовы и ограничения:

- вычислительная сложность: алгоритмы построения карты глубины требуют значительных вычислительных ресурсов, что может быть проблемой для маломощных вычислительных систем;

- зависимость от освещения: качество стереосопоставления сильно падает в условиях слабой освещенности, а также при отсутствии текстуры на поверхностях (например, гладкая белая стена);

- «слепые зоны»: как и любая камера, стереосистема не «видит» прозрачные (стекло) и зеркальные поверхности;

- точность на больших расстояниях: точность оценки расстояния обратно пропорциональна квадрату дистанции. На больших расстояниях (более 10–20 метров в зависимости от базиса) точность может быть ниже, чем у лидара.

Список источников

- [1] Hartley R., Zisserman A. *Multiple view geometry in computer vision*. Cambridge University Press, 2003.
- [2] Szeliski R. *Computer vision: algorithms and applications*. Springer, 2010.
- [3] Mur-Artal R., Tardós J.D. ORB-SLAM2: An Open-Source SLAM System for Monocular, Stereo, and RGB-D Cameras. *IEEE Transactions on Robotics*, 2017, vol. 33(5), pp. 1255–1262.
- [4] Thrun S., Burgard W., Fox D. *Probabilistic Robotics*. MIT Press, 2005.

Navigation of a mobile robot based on stereo vision technology

Khaikin Pavel Yuryevich

pavelkhaikin@gmail.com

Orekhov Sergey Yuryevich

Serg31057@mail.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

The basic principles of stereo vision technology, its application in modern robotics are considered, and advantages and disadvantages are revealed. The main navigation tasks have been identified, such as building a 3D map of the terrain, detecting and avoiding obstacles, planning a trajectory, and orientation on the terrain. The purpose of the report is to analyze the possibilities of using control systems for mobile robots based on stereo-vision algorithms and justify the relevance of the implementation of this technology.

Keywords: *stereo vision, depth map, camera, stereo pair*

УДК 62.523.8

Исследование метода распознавания текста изображения на основе машинного обучения

Подкорытов Кирилл Сергеевич

vfybfgnvjhchj@yandex.ru

Орехов Сергей Юрьевич

serg31057@mail.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Статья посвящена исследованию метода распознавания текста изображения на основе машинного обучения с помощью камеры. Рассмотрены современные методы распознавания текста с помощью машинного обучения и нейронных сетей. Представлен анализ методов обработки текста с использованием камеры. Показано применение данных технологий для решения задач распознавания текста в условиях повседневной жизни. Сделаны выводы, что нейронные сети могут справляться с задачей распознавания текста за счет алгоритмов и моделей нейронных сетей, обученных на базе заранее добавленных примеров рукописного, печатного и оцифрованного текста, позволяя заменить менее удобные устройства и приборы для тех же целей и задач.

Ключевые слова: машинное обучение, нейронные сети, рекуррентные нейронные сети, обработка текста, распознавание текста, камера

Современный этап развития цифровых технологий характеризуется широким распространением методов компьютерного зрения и машинного обучения для решения практических задач в различных областях человеческой деятельности [1]. Одной из таких задач, имеющих фундаментальное и прикладное значение, является распознавание текста с изображений, полученных с помощью камер мобильных устройств и специализированных систем. Актуальность данной проблемы обусловлена необходимостью перевода информации из аналоговой формы в цифровую для ее последующей обработки, хранения и анализа [2].

Целью работы является комплексный анализ современных методов распознавания текста на основе машинного обучения с использованием камеры, оценить их эффективность и практическую применимость в условиях повседневной жизни:

- проанализировать современные архитектуры нейронных сетей;
- сравнить традиционные методы распознавания текста с нейронными;
- оценить практическую эффективность и выявить ключевые сценарии применения технологии.

Традиционные методы оптического распознавания символов (OCR), основанные на сопоставлении с шаблонами, демонстрировали ограниченную эффективность при работе с неструктурированными изображениями, имеющими различные искажения, шумы и вариации освещения. Прорыв в этой области стал возможен благодаря внедрению нейронных сетей и глубокому

обучению, которые позволили создать системы, способные адаптивно обрабатывать разнородные визуальные данные и извлекать текстовую информацию с высокой точностью [3].

Современные подходы, основанные на глубоком обучении, кардинально изменили ландшафт распознавания текста. Нейронные сети позволяют автоматически извлекать иерархические признаки из изображения, начиная от простых границ и текстуры и заканчивая сложными паттернами, характерными для отдельных символов и целых слов (см. таблицу).

Сравнение методов датчиков глубины

Критерий	Точность	Адаптивность	Обработка рукописного текста	Требование к системе
Традиционные методы	Зависит от качества	Зависит от шрифтов	Ограниченные возможности	Умеренные
Нейросетевые методы	Высокая	Способность к обобщению	Высокая эффективность	Высокая

Для задач распознавания текста применяются как изолированные архитектуры, так и их комбинации. Сверточные нейронные сети (Convolutional Neural Networks) эффективно решают задачу детектирования текстовых областей на изображении, выделяя характерные особенности независимо от их положения [3, 4].

Рекуррентные нейронные сети (RNN), в частности их модификация с долгой краткосрочной памятью (LSTM), позволяют учитывать контекстную информацию при распознавании последовательности символов. Это особенно важно для устранения неоднозначностей в интерпретации отдельных символов (например, различий между «1», «l» и «I») [2, 4].

Наиболее эффективным подходом является комбинирование CNN и RNN в единой архитектуре. В таких гибридных моделях сверточные слои извлекают визуальные особенности, которые затем последовательно обрабатываются рекуррентными слоями для формирования итогового текстового представления. Это позволяет одновременно учитывать, как пространственные характеристики символов, так и их взаимосвязь в пределах строки или текстового блока [4–6].

Ключевым фактором успеха нейросетевых методов является обучение на размеченных данных. Для тренировки моделей распознавания текста используются обширные наборы данных, содержащие примеры рукописного, печатного и оцифрованного текста в различных условиях (разное освещение, углы съемки, разрешение). Процесс обучения включает минимизацию функции потерь, которая оценивает расхождение между распознанным и эталонным текстом.

Важным аспектом является предварительная обработка данных (аугментация), которая включает искусственное создание вариаций исходных изображений.

ражений (изменение яркости, контраста, добавление шумов, аффинные преобразования). Это позволяет повысить устойчивость модели к различным условиям съемки и избежать переобучения [5].

При наборе одних и тех же обучающих баз данных CNN и RNN дают результат хуже, нежели CRNN. Это выражается в подходе распознавания текста, так как текст является рукописным, а фото, сделанное под наклоном, а не параллельно листу, создают проблемы для обработки алгоритмами первым и вторым способами. Сверточная нейронная сеть не может верно определить некоторые буквы русского и английского языка, такие как: «ч» и «4», «l» (английская буква «L») и «1». В свою очередь рекуррентная нейронная сеть искажает слова и смысл текста, находясь под углом. Таким образом, сверточно-рекуррентная нейронная сеть справляется с обеими неординарными проблемами, которые вызывали недопонимания у оставшихся двух.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- [1] Гудфеллоу Я., Бенджио И., Курвилль А. *Глубокое обучение*. Москва, ДМК Пресс, 2022, 652 с.
- [2] Фукунага К. *Введение в статистическую теорию распознавания образов*. Москва, Мир, 2020, 345 с.
- [3] Журавлев Ю.И., Рязанов В.В., Сенько О.В. *Распознавание. Классификация. Прогноз. Ч. 2: Математические методы и их применение*. Москва, Наука, 2022, 234 с.
- [4] Шолле Ф. *Глубокое обучение на Python*. Санкт-Петербург, Питер, 2021, 400 с.
- [5] Саймон Дж. *Алгоритмы для компьютерного зрения на Python. Распознавание образов и машинное обучение*. Москва, ДМК Пресс, 2023, 576 с.
- [6] Хант Б.Р. *Цифровая обработка изображений: практический подход*. Москва, Техносфера, 2019, 278 с.

The study of the method of recognition of text images based on machine learning

Podkorytov Kirill Sergeevich

vfybfgnvjhj@yandex.ru

Orekhov Sergey Yurievich

serg31057@mail.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

The article is devoted to the study of a method for recognizing text images based on machine learning using a camera. Modern methods of text recognition using machine learning and neural networks are considered. An analysis of text processing methods using a camera is presented. The application of these technologies to solve text recognition problems in everyday life is shown. It is concluded that neural networks can cope with the task of text recognition using algorithms and neural network models trained on the basis of pre-added examples of handwritten, printed and digitized text, allowing them to replace less convenient devices and devices for the same purposes and tasks.

Keywords: machine learning, neural networks, recurrent neural networks, text processing, text recognition, camera

УДК 62-529

Алгоритм ситуационного управления для шестиколесного робота с активной трансформацией рамы

Сухов Олег Викторович

sukhofff2004@mail.ru

Орехов Сергей Юрьевич

serg31057@mail.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Рассмотрена проблема автономного перемещения колесных робототехнических комплексов в условиях сложного рельефа местности. Разработана архитектура системы управления на основе ситуационного подхода для шестиколесной платформы, обладающей способностью к активному изменению геометрии рамы. Представлен алгоритм, обеспечивающий идентификацию и преодоление типовых препятствий, включая уступы, рвы и склоны. Продемонстрирована работоспособность решения в ходе вычислительных экспериментов с использованием комплексной динамической модели. Сделан вывод о перспективности применения предложенных методов для создания полноценных автономных вездеходных транспортных средств.

Ключевые слова: робототехническая платформа, автономная навигация, адаптивная рама, преодоление препятствий, алгоритм управления

Актуальность создания современных мобильных робототехнических комплексов, способных самостоятельно функционировать и выполнять поставленные задачи в условиях сложной неструктурированной окружающей среды, продолжает неуклонно расти. Особую теоретическую и практическую сложность представляет решение задачи безопасного и эффективного перемещения по сильно пересеченной местности с наличием разнообразных препятствий, размеры которых сопоставимы с габаритами самого аппарата. В рамках данного научного исследования подробно рассматривается перспективный подход к построению интеллектуальной системы управления для инновационного колесного робота, уникальная конструкция которого включает в себя активную трансформируемую раму. Эта принципиальная особенность позволяет динамически изменять взаимное расположение модулей в реальном времени для существенного повышения проходимости на сложных рельефах.

Основой исследуемого робототехнического комплекса является высокоманевренная платформа, состоящая из трех независимых двухколесных секций. Ключевой отличительной особенностью является наличие современных высокоточных исполнительных механизмов, обеспечивающих плавное изменение расстояния между осями переднего и заднего модулей относительно центрального, а также возможность углового перемещения одной из секций в широком диапазоне. Для эффективного управления данным сложным комплексом была предложена многоуровневая архитектура, центральным интеллектуальным звеном которой является блок ситуационного планирования.

Данный блок в реальном времени обрабатывает непрерывный поток информации, поступающей от бортовых сенсоров — лазерных дальномеров и двухосевых инклинометров [1].

На основе поступающих данных выполняется комплексная оценка характеристик впередилежащего участка пути. Усовершенствованный алгоритм производит точный расчет предполагаемой высоты неровности и дистанции до нее с учетом погрешностей измерений. В зависимости от результатов всесторонней оценки интеллектуальная система относит препятствие к одному из нескольких типов: преодолимое без изменения конфигурации, преодолимое с трансформацией рамы или непреодолимое [2]. Для каждого из типов, за исключением последнего, предусмотрена отдельная поведенческая стратегия, учитывающая динамические характеристики платформы. Всего было реализовано пять основных режимов функционирования: движение по ровной поверхности, подъем на уступ, спуск с уступа, пересечение рва и аварийная остановка. Была разработана детальная логическая схема переключения между этими режимами с приоритетом безопасности.

Вычислительное ядро системы работает циклически с высокой частотой, что обеспечивает необходимую точность управления. На каждом такте выполняются последовательно следующие операции: сбор и первичная обработка сигналов датчиков с фильтрацией шумов; классификация текущей дорожной ситуации и активация соответствующего режима; формирование оптимальных управляющих воздействий для приводов трансформации рамы; синхронная коррекция заданий на скорость вращения ведущих колес для компенсации изменений их взаимного положения и недопущения проскальзывания; вычисление ошибок управления и генерация корректирующих сигналов через ПИД-регуляторы с адаптивными коэффициентами [3].

Для всесторонней проверки эффективности предложенных решений была создана детализированная компьютерная модель, объединяющая как динамику механической части робота, так и его систему управления [4]. Серия виртуальных испытаний проводилась для различных сценариев взаимодействия с препятствиями и при разных параметрах сцепления с опорной поверхностью. Полученные результаты статистической обработки данных подтвердили, что использование адаптивной рамы в сочетании с ситуационным алгоритмом управления позволяет роботу стабильно преодолевать препятствия высотой до 0,56 м даже при коэффициенте трения 0,3. Особое внимание уделялось сценариям преодоления эскарпов, где критическое значение имеет точная синхронизация работы приводов трансформации и мотор-колес [5]. Проведенные эксперименты показали высокую надежность алгоритма при многократном повторении испытаний.

Таким образом, проведенное фундаментальное исследование наглядно демонстрирует жизнеспособность и практическую ценность предложенного подхода к автономному управлению мобильными роботами с активной кинематикой. Внедрение подобных интеллектуальных систем открывает широкие возможности для создания перспективных образцов техники, способной са-

мостоятельно выполнять сложные задачи в условиях экстремального рельефа без постоянного контроля со стороны оператора. Направлением для дальнейших научных изысканий является интеграция более совершенных методов машинного восприятия для распознавания более широкого класса препятствий и оптимизация энергопотребления системы при длительной автономной работе [6]. Перспективным также представляется исследование возможностей группового взаимодействия таких роботов.

Список источников

- [1] Карпов В.Э., Семенов А.А. *Интеллектуальные робототехнические системы*. Москва, Техносфера, 2018, 342 с.
- [2] Петров К.С., Воронов М.И. Динамика мобильного робота с активной подвеской при преодолении препятствий. *Известия ЮФУ. Технические науки*, 2020, № 4, с. 45–57.
- [3] Беликов А.Н., Тимофеев А.В. Алгоритмы ситуационного управления мобильными роботами в недетерминированной среде. *Мехатроника, автоматизация, управление*, 2019, т. 20, № 5, с. 267–275.
- [4] Гришин А.А., Козлов Д.С. Синтез системы управления мобильным роботом с адаптивной рамой. *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики*, 2021, т. 21, № 2, с. 284–291.
- [5] Федоров И.П., Никитин С.К. Моделирование динамики колесного робота при движении по пересеченной местности. *Труды МАИ*, 2022, № 125, с. 18–26.
- [6] Соколов Д.В., Мельников А.К. *Теория и практика робототехники*. Санкт-Петербург, БХВ-Петербург, 2017, 416 с.

Situational control algorithm for a six - wheeled robot with active frame transformation

Sukhov Oleg Viktorovich

sukhofff2004@mail.ru

Orekhov Sergey Yuryevich

serg31057@mail.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

The problem of autonomous movement of wheeled robotic systems in difficult terrain conditions is considered. An architecture of a control system based on a situational approach has been developed for a six-wheeled platform with the ability to actively change its frame geometry. An algorithm that ensures the identification and negotiation of typical obstacles, including ledges, ditches, and slopes, is presented. The operability of the solution was demonstrated through computational experiments using a comprehensive dynamic model. It is concluded that the proposed methods are promising for the creation of fully autonomous all-terrain vehicles.

Keywords: *robotic platform, autonomous navigation, adaptive frame, obstacle negotiation, control algorithm*

***Секция 14. Инновационная
деятельность и научно-
методические вопросы
внедрения результатов НИР
в учебный процесс***

УДК 004.925.8

Применение опорных элементов при проектировании электронных моделей деталей

Антонцева Мария Викторовна

antontsevamv@student.bmstu.ru

Аганичева Дарья Даниловна

aganchevadd@student.bmstu.ru

Сулина Ольга Владимировна

sulinaolga@bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Проведен анализ применения опорных элементов в моделировании конструктивных и технологических элементов поверхностей деталей в системах САПР КОМПАС-3D и T-FLEX CAD. На примере моделирования канальной поверхности как конструктивного элемента детали показана эффективность применения опорных элементов для редактирования и перестроения электронной модели. Показан алгоритм создания поверхности с применением опорных элементов. Сделан вывод об эффективности применения различных видов опорных элементов при создании эскизов и элементов поверхности или тела для линейчатых и нелинейчатых поверхностей как элементов деталей.

Ключевые слова: электронная модель, опорный элемент, канальная поверхность, САПР, КОМПАС-3D, T-FLEX CAD

При проектировании электронных моделей оригинальных деталей на стадии создания рабочей конструкторской документации необходимо соблюдать стандарты ЕСКД [1] и выполнять требования по точности, содержанию и виду геометрической модели. Электронная модель детали может использоваться в качестве основного конструкторского документа для детали [2].

При проектировании модели детали на начальном этапе конструирования на основе компоновочной геометрии сборки, определяющей геометрию и размеры сопрягаемых поверхностей, рационально с геометрической и параметрической точек зрения создать опорные элементы для использования в эскизах и элементах для дальнейшего моделирования.

Под опорными элементами в системе САПР КОМПАС-3D понимают элементы вспомогательной геометрии и элементы каркаса. Элементы вспомогательной геометрии: оси и плоскости. Элементы каркаса: точки, отрезки, ломаные, контуры, кривые пересечения и др. [3]. Таким образом, опорный элемент может быть использован в нескольких эскизах и при параметрическом задании его метрики и позиции может быть перестроен на основании внесенных изменений в компоновочную геометрию.

На рис. 1 показан пример построения конструктивного элемента детали на основании опорной геометрии в системе КОМПАС-3D: отображено построение элемента в параметрическом режиме с применением опорных элементов. Исходными построениями являются вспомогательные плоскости, взаимное положение плоскостей обусловлено габаритными размерами и вза-

имным положением опорных сечений. Далее строятся эскизы сечений с характерными точками, расположенными в квадрантах окружностей (сечений). На основании эскизов строится контур наружных сечений и направляющие отрезки каркаса. Путем применения операции по сечениям с заданием направляющей линии моделируется конструктивный элемент детали. Элемент имеет одинаковую толщину в сечении. Для построения внутреннего контура элемента детали используются эквидистанты к контурам и отрезкам, и создается элемент аналогично по сечениям с направляющим отрезком. Применение команд эквидистанты к контурам для данного элемента позволяет варьировать толщиной стенки элемента при перестроении путем изменения значения переменной.

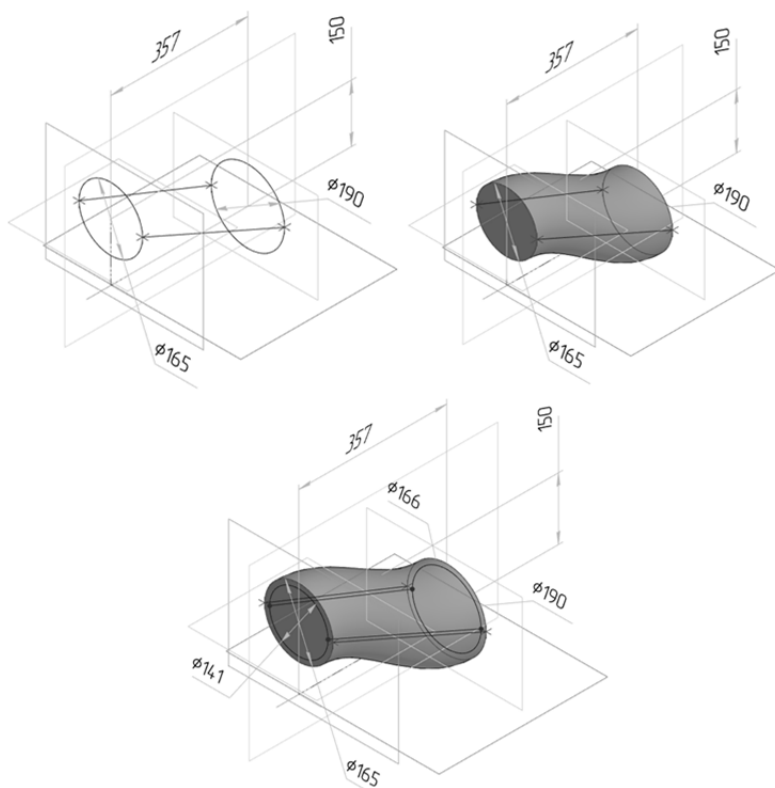


Рис. 1. Моделирование конструктивного элемента детали — канальной поверхности в системе КОМПАС-3D

Для моделирования линейчатых и нелинейчатых канальных поверхностей как конструктивных элементов детали применение параметрически связанных опорных элементов позволяет эффективно без нарушения топологии модели вносить изменения и перестраивать модель.

Рассмотрим построение данного конструктивного элемента в системе САПР T-FLEX CAD.

Опорными элементами в системе могут служить элементы построения: 3D-узлы, трассы, оси, 3D-профили, проекции и др. [4]. Применение определенных опорных элементов зависит от способа создания 2D-профилей: с помощью линий построения или с помощью элементов эскиза и ограничений. Вначале создается вспомогательная плоскость для построения 3D-профилей, затем строятся профили и 3D-узлы в квадрантах окружностей сечений, далее строятся два 3D-пути, которые будут направляющими для операции по сечениям. При построении внутреннего контура задание толщины стенки зависит от выбора режима построения, возможно наложение размера в качестве ограничения или создание окружностей на основе связанных прямых построения (рис. 2).

На рис. 3 показана твердотельная модель детали.

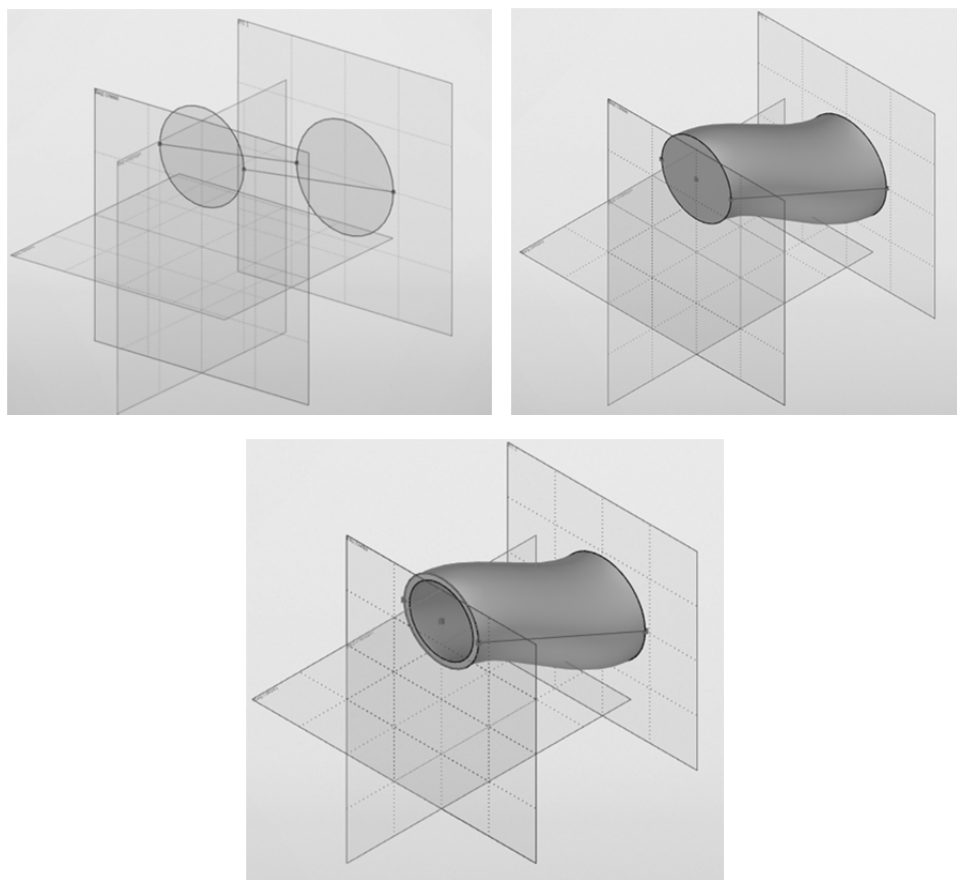


Рис. 2. Моделирование конструктивного элемента детали — канальной поверхности в системе T-FLEX CAD



Рис. 3.Твердотельная модель детали

Опорные элементы являются основой моделирования и взаимосвязи конструктивных и технологических элементов детали, рациональное применение элементов позволит эффективно выполнять моделирование различных элементов детали и выполнять перестроение модели без нарушения топологии.

Учебные электронные модели деталей необходимо создавать с геометрической точностью. Обучающимся важно понимать, что электронная модель является конструкторским документом, при создании которого необходимо соблюдать стандарты ЕСКД.

Список источников

- [1] ГОСТ Р 2.056–2024. *Единая система конструкторской документации. Электронная модель детали. Общие требования*. Москва, ФГБУ «Институт стандартизации», 2024, 16 с.
- [2] ГОСТ Р 2.102–2023. *Единая система конструкторской документации. Виды и комплектность конструкторских документов*. Москва, ФГБУ «Институт стандартизации», 2023, 20 с.
- [3] Большаков В.П., Чагина А.В. *3D-моделирование в КОМПАС-3D версий V17 и выше*. Санкт-Петербург, Питер, 2021, 256 с.
- [4] Бунаков П.Ю. *Сквозное проектирование в T-FLEX*. Саратов, Изд-во Профобразование, 2024, 396 с.

Using support elements in the design of electronic models of components

Antontseva Mariya Viktorovna

antontsevamv@student.bmstu.ru

Aganicheva Daria Daniilovna

aganichevadd@student.bmstu.ru

Sulina Olga Vladimirovna

sulinaolga@bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

This paper analyzes the use of support elements in modeling structural and technological surface features of parts in the KOMPAS-3D and T-FLEX CAD systems. Using the example of modeling a channel surface as a structural feature of a part, the effectiveness of using support elements for editing and rebuilding an electronic model is demonstrated. An algorithm for creating a surface using support elements is presented. A conclusion is drawn regarding the effectiveness of using various types of support elements in creating sketches and surface or solid features for ruled and non-ruled surfaces as part features.

Keywords: *electronic model, support element, channel surface, CAD, KOMPAS-3D, T-FLEX CAD*

УДК 744.035

Методика построения вида слева в черчении

Сахаров Владимир Валентинович

vlad.saharov2011@yandex.ru

Савичкин Артем Олегович

savichkin@list.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Рассмотрены методики построения профильной проекции детали (вида слева) в курсе инженерной графики для студентов технических вузов. Проанализированы проблемы, связанные с отсутствием базовой подготовки в школьной программе по черчению. Подробно описаны правила проекционной связи между основными видами, алгоритмы построения точек на профильной проекции с использованием системы координат. Особое внимание уделено поэтапному определению положения точек для корректного отображения контура детали на третьем виде по двум заданным видам.

Ключевые слова: профильная проекция, вид, проекция, инженерная графика, вид слева

В курсе инженерная графика в технических вузах на первом курсе студенты, как правило, сталкиваются с трудностями по изучению предмета в связи с тем, что в школьной программе отсутствует курс черчения. Наибольшую сложность в начале курса для многих представляет построение профильной проекции детали (вид слева). В данной статье рассмотрены методики построения третьего вида по двум имеющимся видам (вида спереди, вид сверху). Напомним определение видов.

Вид — это изображение видимой части стороны предмета, обращенной к наблюдателю.

По правилам выполнения чертежа все виды располагаются в строгом соответствии (рис. 1) [1].

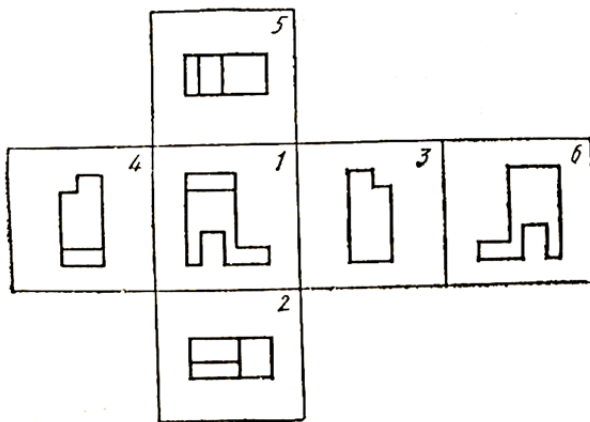


Рис. 1. Виды

Название основных видов:

- вид спереди (главный вид);
- вид сверху;
- вид слева;
- вид справа;
- вид снизу;
- вид сзади.

Максимальное количество основных видов шесть. Получаются они путем развертки куба, внутри которого условно расположена деталь, спроецированная на шесть граней куба (рис. 2) [1].

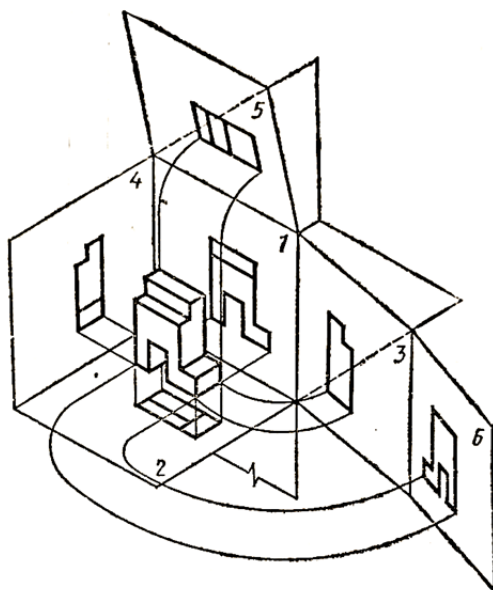


Рис. 2. Плоскости проекции

Количество видов на чертеже зависит от сложности детали. Чем сложнее деталь, тем больше количество видов. На производственных чертежах количество видов должно быть минимальным. В проекционном черчении в начале курса, как правило, чертят три вида (рис. 3) [2].

Студенты по двум имеющимся видам (вид спереди и сверху) должны построить вид слева. Рассмотрим различные алгоритмы построения вида слева. Любая точка детали должна лежать на одной линии связи соединяющий горизонтальную (вид сверху) и фронтальную (вид спереди) проекцию точки — эта линия идет строго вертикально. А линия связи, соединяющая фронтальную проекцию точки и профильную (вид слева) проекцию, идет строго горизонтально (рис. 4) [3]. Все элементы детали состоят из различных типов по-

верхностей (плоскости, цилиндрических, конических, сферических). Линии пересечений этих поверхностей могут быть прямыми или кривыми. Что бы построить прямую линию достаточно построить проекции двух ее точки, чтобы построить кривую линию следует построить некоторое количество проекций точек, принадлежащей этой кривой. Таким образом, задача сводится к нахождению профильной проекции точки по двум имеющимся, так как изображение детали состоит из отрезков прямых или кривых линий [3].

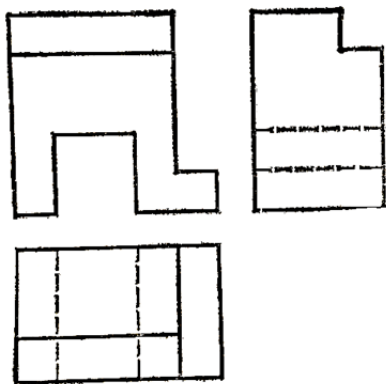


Рис. 3. Чертеж в трех видах

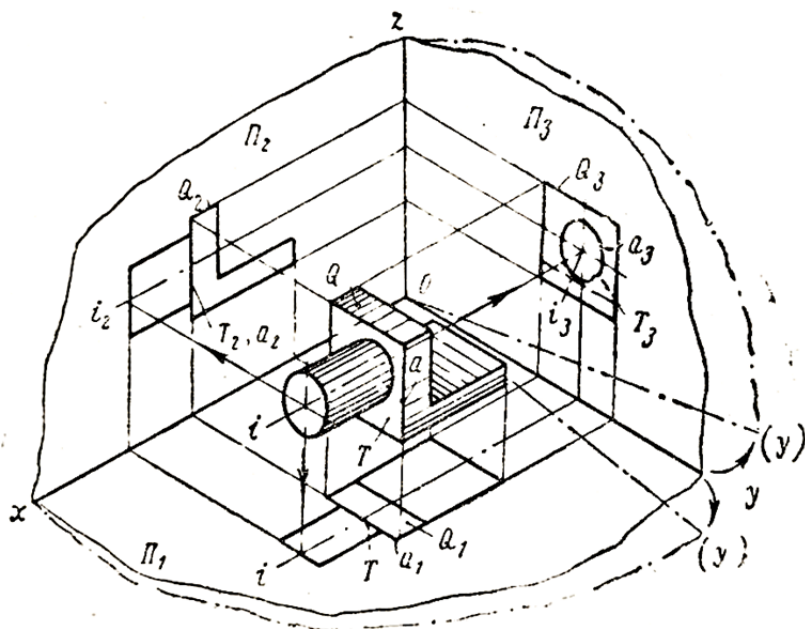


Рис. 4. Проекционные связи

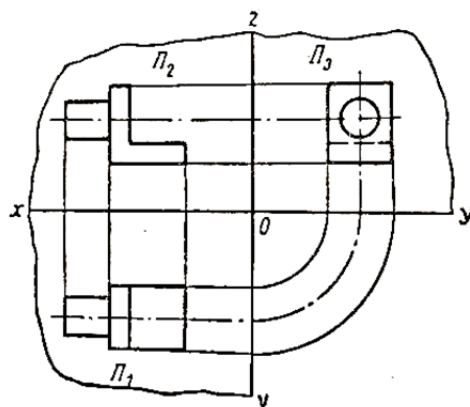


Рис. 5. Линии связи

На рис. 5 показано построение третьего вида с помощью линий связи. Следует особо обратить внимание на систему координат, которые позволяют строить вид слева, используя размеры детали на виде сверху (вдоль оси y), перенося их вращением на вид слева.

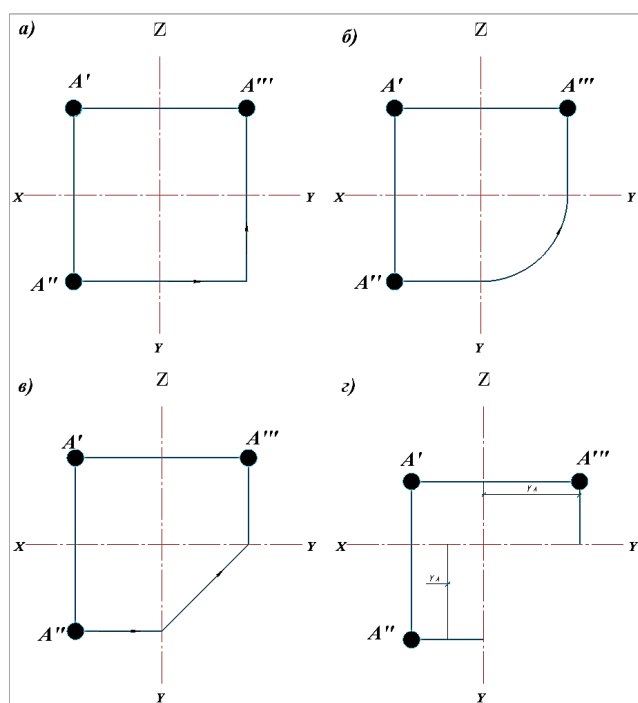


Рис. 6. Варианты построений профильной проекции точки

На рис. 6 показаны варианты построения профильной проекции точки (вид слева). На рис. 6, *а* линия связи от горизонтальной проекции до профильной ведется через постоянную линию чертежа (она проведена под углом в 45° от начала координат). На рис. 6, *б* линия связи от горизонтальной проекции до профильной строится через дугу окружности с центром в начале координат. На рис. 6, *в* переход линии связи на профильную проекцию проводится под углом 45° . На рис. 6, *г* мы используем координатный способ построения точки А. Этими же способами строятся вид слева на деталях, так как их контуры изображения состоят из опорных точек. Следует отдать предпочтение координатному способу (рис 6, *г*), так как при этом способе исключаются погрешности проведения линий связи от горизонтальной проекции до профильной [4].

Если изображение детали на виде слева симметрично, то удобно использовать для нахождения положения точек локальную систему координат, привязанную к детали. При этом в начале проводится ось симметрии изображения детали, расстояние между фронтальной и профильной проекциями может быть любым, важно сохранить расстояние характерных точек относительно оси симметрии на виде слева, измерив его на виде сверху (рис. 7). Для симметричных деталей удобно брать начало системы координат плоскости симметрии. Для не симметричных деталей начало координат удобно принимать нижнюю вершину габаритного параллелепипеда, в который вписывается деталь.

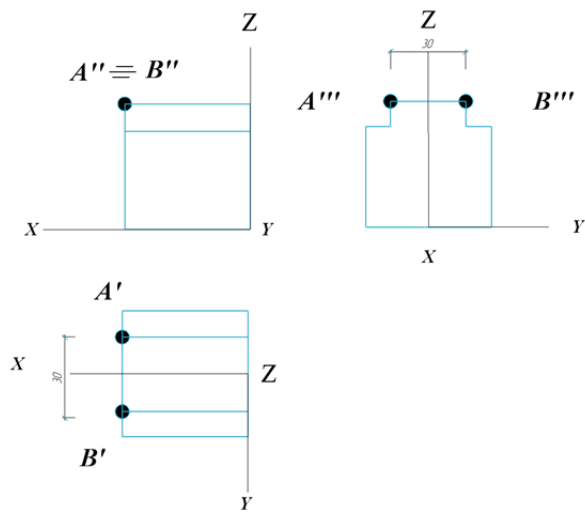


Рис. 7. Локальная система координат

При построении вида слева использование координатного способа с локальной системой координат выглядит предпочтительнее, так как отсутствуют погрешности точности черчения.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- [1] Богданов В.Н., Малежи И.Ф., Верхола А.П. *Справочное руководство по черчению*. Москва, Машиностроение, 1989, 864 с.
- [2] Михнев М.М. *Чтение машиностроительных чертежей*. Москва, ОБОРОНГИЗ, 1962, 176 с.
- [3] Макаров С.М. *Краткий словарь-справочник по черчению*. Ленинград, Машиностроение, 1970, 160 с.
- [4] Бубенников А.В., Громов М.Я. *Начертательная геометрия*. Москва, Высшая школа, 1973, 416 с.

The technique of constructing the view on the left in drawing

Sakharov Vladimir Valentinovich Vlad.saharov2011@yandex.ru

Savichkin Artem Olegovich savichkin@list.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

The article discusses methods for constructing a profile projection of a part (the view on the left) in an engineering graphics course for students of technical universities. The problems associated with the lack of basic training in the school curriculum in drawing are analyzed. The rules of the projection relationship between the main views are described in detail, as well as algorithms for constructing points on a profile projection using a coordinate system. Special attention is paid to the step-by-step determination of the position of the points for the correct display of the contour of the part in the third view according to two specified views.

Keywords: *profile projection, view, projection, engineering graphics, left view*

УДК 004.89:744

Использование искусственного интеллекта в образовании и других сферах жизни

Сломинская Елена Николаевна	sloinskaya_elena@bmstu.ru
Соселия Дмитрий Малхазович	soseliyadm@student.bmstu.ru
Каменный Иван Сергеевич	kamennyyis@student.bmstu.ru
Беликов Никита Романович	belikovnr@student.bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Рассмотрено применение искусственного интеллекта в образовании и других сферах деятельности человека. Представлены основные технологии ИИ: машинное обучение, обработка естественного языка, компьютерное зрение, генеративные модели и роботизированные системы. Показано, как ИИ используется в промышленности, транспорте, программировании и учебных процессах для автоматизации, персонализации и повышения эффективности. Сделаны выводы, что внедрение ИИ способствует развитию инноваций, улучшению качества работы и обучения, а также может применяться для оптимизации управления, анализа данных и поддержки принятия решений.

Ключевые слова: искусственный интеллект, машинное обучение, нейросети, автоматизация, робототехника, образование, программирование, инновации

Введение. Искусственный интеллект — одна из ключевых технологий нашего времени, позволяющая машинным системам имитировать человеческие когнитивные функции: учиться, анализировать данные и принимать решения. ИИ трансформирует множество сфер жизни и экономики, предлагая беспрецедентные возможности для повышения эффективности, качества и инноваций [1].

Машинное обучение — метод, при котором ИИ обучается на больших наборах данных для выявления закономерностей и прогнозирования. Глубокие нейронные сети способны обрабатывать сложные структуры данных, делая модели точнее [2].

Примеры и применение: Amazon использует машинное обучение для персонализации рекомендаций, что значительно увеличивает объем продаж и удовлетворенность клиентов. В банковском секторе Mastercard применяет ИИ для обнаружения мошеннических операций в режиме реального времени, минимизируя убытки. Польза: повышение точности решений, автоматизация и экономия ресурсов.

Технологии NLP позволяют системам понимать, интерпретировать и генерировать человеческий язык. Это основа для создания голосовых помощников и чат-ботов. Примеры и применение: Siri и Google Assistant помогают пользователям управлять устройствами и получать информацию голосом. Чат-боты в банковских службах и онлайн-магазинах обеспечивают круглосу-

точную поддержку клиентов, снижая нагрузку на операторов. В HR-сфере NLP помогает автоматизировать отбор резюме и делает процесс найма более эффективным.

Компьютерное зрение. ИИ анализирует изображения и видео, что позволяет автоматизировать мониторинг и контроль качества. Примеры и применение: на производствах компьютерное зрение обнаруживает дефекты на конвейере, что снижает процент брака. В маркетплейсах (Ozon, Avito) системы модерации с ИИ быстро отсеивают запрещенные товары. В обеспечении безопасности используется распознавание лиц для контроля доступа и мониторинга.

Роботизированные системы и автономный транспорт. ИИ управляет роботами и системами, обеспечивая автономность и точность. Примеры и применение: логистическая компания UPS применяет ИИ для оптимизации маршрутов доставки (система ORION), снижая время и стоимость перевозок.

На производстве ИИ прогнозирует сбои оборудования, предотвращая простои и непредвиденные ремонты.

Генеративные модели. Генеративный ИИ (GPT, DALL-E) создает новый текст и контент, помогая в маркетинге и образовании. Примеры и применение: Coca-Cola ускорила разработку рекламных кампаний с помощью генеративных моделей, снизив сроки создания креатива в несколько раз. Образовательные платформы создают адаптивные программы и тесты, оптимизируя обучение.

ИИ объединяет технологии, которые повышают производительность, сокращают ошибки, улучшают клиентский опыт и стимулируют инновации. Ключ к их успешному применению — грамотный выбор конкретной технологии в зависимости от задачи и отрасли. Развитие ИИ продолжается, что открывает новые горизонты для бизнеса и общества, при этом важно учитывать этические аспекты и ответственность за решения, принимаемые машинами.

Использование в программировании. Cursor в контексте искусственного интеллекта — это AI-ассистент и интеллектуальная интегрированная среда разработки (IDE), построенная на базе Visual Studio Code, которая помогает программистам значительно ускорить и улучшить процесс написания кода. В отличие от классического понятия курсора в базах данных, Cursor AI использует передовые технологии ИИ, включая крупномасштабные языковые модели (например, GPT-4), чтобы автоматически генерировать, исправлять и рефакторить программный код на различных языках [3].

Основные возможности Cursor AI:

- автоматическое автозаполнение кода с учетом контекста проекта;
- генерация функций, классов и целых модулей по естественному языку;
- исправление синтаксических и логических ошибок;
- поддержка диалогового взаимодействия с пользователем для объяснения и уточнения работы кода;
- интеграция с системами контроля версий и средами разработки;
- создание проектов и компонентов по простым текстовым командам.

Применение в программировании: Cursor AI полезен как опытным разработчикам, так и новичкам, предоставляя интеллектуальные подсказки и ускоряя рутинные задачи. Он помогает эффективно создавать и поддерживать сложные проекты, снижая количество ошибок и обеспечивая лучшие практики кодирования. Cursor AI также может выступать в роли наставника, объясняя код и предоставляя обучающие примеры.

Преимущества использования Cursor AI:

- сокращение времени разработки;
- повышение качества кода за счет автоматического тестирования и рефакторинга;
- уменьшение порога входа для начинающих благодаря понятному интерфейсу и поддержке естественного языка;
- универсальность работы с различными языками программирования.

Cursor — это пример того, как искусственный интеллект интегрируется в инструменты разработчиков, трансформируя процесс программирования в более продуктивный, удобный и интеллектуальный.

Использование в обучении. Для образования в школе и вузе можно выделить несколько конкретных ИИ-сервисов с разными функциональными возможностями:

- Perplexity AI — интеллектуальный помощник по поиску и обучению, помогает быстро найти ответы на вопросы и разъяснить сложные темы;
- Duolingo — платформа с ИИ для изучения иностранных языков с персонализированными уроками и адаптацией под уровень студента;
- Khan Academy + ИИ помощник — платформа с образовательными курсами и встроенным искусственным интеллектом для поддержки обучения;
- Gradescope — сервис с ИИ, автоматически проверяющий работы студентов, включая решения задач и эссе, с предоставлением детальной обратной связи;
- Cognii — ИИ ассистент для онлайн-обучения, который обеспечивает интерактивное обучение и автоматическую проверку письменных ответов;
- Socratic by Google — мобильное приложение с ИИ, которое помогает студентам находить решения и объяснения по разным предметам с использованием камеры смартфона;
- Quizlet Learn — платформа для создания карточек и тренировочных тестов с адаптивным алгоритмом, подстраивающим задания под студента;
- Coursera + AI Analytics — обучение с помощью ИИ, который анализирует прогресс и предлагает оптимальные учебные маршруты;
- ChatGPT/OpenAI интеграция в учебные процессы — для создания образовательного контента, автоматического ответчика на учащих вопросы, генерации тестов и пояснений;
- Edmodo + AI — платформа для общения и управления учебным процессом с внедренными ИИ-инструментами аналитики учебной мотивации и прогресса.

Заключение. Обзор использования искусственного интеллекта в образовании 2025 года показывает, что ИИ становится неотъемлемой частью учебного процесса как в школах, так и в вузах. Ниже представлены ключевые направления применения и их описание.

1. Персонализированное обучение. Искусственный интеллект позволяет создавать адаптивные образовательные платформы, которые анализируют прогресс каждого студента и формируют индивидуальные учебные траектории. Такой подход помогает учитывать уникальные особенности и потребности каждого студента, повышая эффективность обучения и мотивацию. Например, системы могут предлагать дополнительные материалы по сложным темам или ускорять освоение легких разделов [4].

2. Виртуальные помощники и чат-боты. Использование ИИ для автоматической поддержки студентов и преподавателей становится стандартной практикой. Виртуальные ассистенты отвечают на вопросы, помогают в подготовке заданий и обеспечивают оперативную обратную связь, что снижает нагрузку преподавателей и повышает взаимодействие с обучающимися [4].

3. Генерация контента и автоматическая проверка работ. ИИ-сервисы позволяют создавать тестовые задания, лекционные материалы и презентации автоматически, что значительно ускоряет подготовительный этап. Для проверяющих и студентов доступны системы автоматической оценки эссе, решений задач и тестов — что повышает качество обратной связи и позволяет сосредоточиться на более сложных аспектах преподавания [4].

4. Обучение на основе искусственного интеллекта. Учебные курсы с применением ИИ уже не только рассказывают материал, но и помогают в освоении новых навыков с помощью интерактивных симуляторов, виртуальных лабораторий и тренажеров. Такие технологии используются в профессиональных образовательных программах для обучения инженерии, медицине и других дисциплин [4].

5. Аналитика и управление образовательным процессом. ИИ позволяет анализировать данные об успеваемости, посещаемости и вовлеченности студентов. Эти данные помогают педагогам своевременно выявлять проблемных студентов, корректировать учебные планы и управлять образовательным процессом в реальном времени.

Использование искусственного интеллекта в образовании в 2025 году способствует созданию более гибкой, персонализированной и эффективной системы обучения, объединяющей технологические инновации и педагогические практики. Внедрение ИИ помогает лучше подготовить студентов к современному миру, ориентированному на использование технологий и инноваций.

Список источников

- [1] Рассел С., Норвиг П. *Искусственный интеллект: современный подход*. Pearson, 2020.
- [2] Гудфеллоу И., Бенджио Й., Курвиль А. *Глубокое обучение*. MIT Press, 2016.

- [3] *Cursor AI official documentation. Microsoft Visual Studio Code extensions*. URL: <https://marketplace.visualstudio.com/items?itemName=vbrocket.cursor-ai> (accessed 10.10.2025).
- [4] Тюрина Д.А. Применение нейронных сетей в обработке естественного языка. *Журнал прикладных исследований*, 2023, № 7. https://doi.org/10.47576/2949-1878_2023_7_158

The use of artificial intelligence in education and other fields of life

Slominskaya Elena Nikolaevna

slominskaya_elena@bmstu.ru

Soseliya Dmitry Malkhazovich

soseliyadm@student.bmstu.ru

Kamenny Ivan Sergeevich

kamennyyis@student.bmstu.ru

Belikov Nikita Romanovich

belikovnr@student.bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

This paper examines the application of artificial intelligence in education and other areas of human activity. The main AI technologies are presented: machine learning, natural language processing, computer vision, generative models, and robotic systems. It is shown how AI is used in industry, transportation, programming, and educational processes for automation, personalization, and efficiency improvement. The conclusions indicate that the implementation of AI contributes to innovation, improves the quality of work and learning, and can also be applied to optimize management, data analysis, and decision-making support.

Keywords: *artificial intelligence, machine learning, neural networks, automation, robotics, education, programming, innovation*

УДК 004.94 **нет формул**

Управление параметрическими моделями САПР КОМПАС-3D с использованием Microsoft Excel

Парамонов Сергей Сергеевич

paramonovss@bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Работа посвящена методике интеграции параметрических моделей, разработанных в системе КОМПАС-3D, с внешними таблицами Microsoft Excel. Рассмотрен практический пример управления параметрами переходной плиты, описаны пошаговые действия по созданию связи, проанализированы преимущества и ограничения подхода. Показано, что использование Excel для централизованного управления переменными значительно ускоряет процесс группового проектирования типовых изделий, снижает количество ошибок и упрощает взаимодействие между специалистами. Метод особенно актуален для создания библиотек стандартных деталей и конфигураторов в условиях серийного производства

Ключевые слова: параметрическое моделирование, КОМПАС-3D, Microsoft Excel, интеграция, автоматизация проектирования, внешние переменные, библиотека деталей

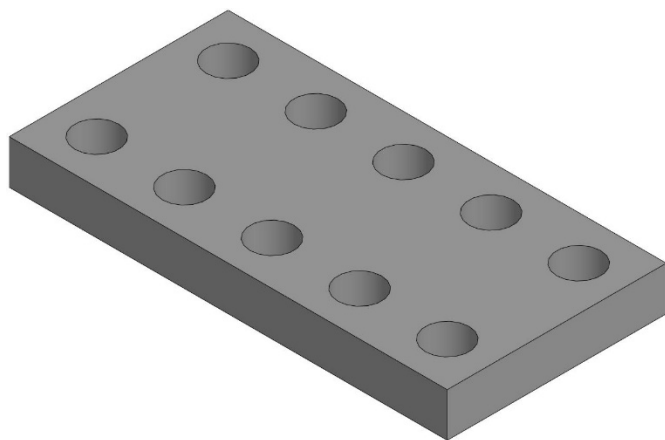
Современные системы автоматизированного проектирования (САПР) предоставляют мощный инструментарий для параметрического моделирования, позволяя создавать не просто отдельные детали, а целые семейства изделий с управляемой геометрией [1, 2]. Внутренние средства параметризации в САПР, такие как «Менеджер переменных» в КОМПАС-3D, эффективны для решения задач в рамках одной модели или сборки. Однако в условиях реального производства часто возникает необходимость централизованного управления параметрами для большого количества различных деталей, быстрого прототипирования вариантов или передачи управляющих данных технологом и смежным специалистам, которые могут не быть экспертами в работе с конкретной САПР.

Решением данной задачи является интеграция параметрической модели с внешним программным обеспечением, в частности с табличным процессором Microsoft Excel. Данный подход позволяет вынести управляющие параметры за пределы САПР, создавая удобный и наглядный интерфейс для изменения геометрии изделий [3].

Целью исследования является разработка методики управления параметрической моделью переходной плиты, созданной в КОМПАС-3D, с помощью внешнего файла Microsoft Excel.

Для достижения цели необходимо решить задачи, которые заключаются в подготовке параметрической модели с заданными ключевыми переменными и их зависимостями; создании структурированной таблицы в Microsoft Excel, которая содержит управляющие параметры; организации связи между таблицей Excel и переменными модели в КОМПАС-3D.

В качестве объекта управления рассмотрим параметрическую модель переходной плиты (см. рисунок), описанную в предыдущих исследованиях [4].



Пример модели переходной плиты с десятью отверстиями

Ключевым параметром модели является количество отверстий N , от которого функционально зависят длина и толщина плиты. Формулы зависимостей заданы в «Менеджере переменных» КОМПАС-3D: длина = $20N / 2$, толщина N .

В модели должны быть явно объявлены все переменные, которые планируется изменять извне. В данном случае это: N — количество отверстий (целое, четное число); L — длина плиты, рассчитываемая по формуле, S — толщина плиты, рассчитываемая по формуле.

Важно, чтобы имена переменных в КОМПАС-3D были лаконичными и не содержали специальных символов для удобства их последующего сопоставления.

После определения переменных создается файл Excel, структура которого должна быть максимально простой и понятной. Рекомендуется использовать двухстолбцовый формат.

Столбец А («Переменная») содержит точные наименования переменных из модели КОМПАС-3D (N , L , S).

Столбец В («Значение») содержит числовые значения для этих переменных.

Для повышения надежности работы метода целесообразно использовать инструменты Excel для проверки вводимых данных («Данные» -> «Проверка данных»). Например, для ячейки со значением N можно установить ограничение на ввод только четных целых чисел, что предотвратит ошибки построения модели, заложенные на этапе ее параметризации.

По завершении формирования таблицы необходимо реализовать ее связь с САПР. Процесс связи осуществляется непосредственно в среде КОМПАС-

3D через меню «Инструменты», «Переменные», «Таблица переменных». В открывшемся диалоговом окне необходимо выбрать созданный файл Microsoft Excel, указать, какой именно лист и диапазон ячеек содержит данные (например, Лист1!A1:B4), выполнить сопоставление: система автоматически предложит связать столбец «Переменная» из таблицы с именами переменных в модели, а столбец «Значение» — с их новыми величинами.

После подтверждения операция приведет к моментальному перестроению 3D-модели и ассоциативной чертежной документации в соответствии с данными из Excel.

Использование связки КОМПАС-3D и Excel открывает ряд значительных преимуществ для организации проектного процесса. В одном файле Excel можно хранить параметры для десятков и сотен различных моделей, создавая тем самым мощный конфигуратор или библиотеку стандартных изделий предприятия. Для генерации новой конфигурации детали достаточно изменить несколько значений в таблице, не открывая саму модель в КОМПАС-3D и не вникая в ее внутренние параметрические связи. Визуально простая таблица минимизирует риск ошибочного ввода параметров по сравнению с работой непосредственно в сложном дереве построения модели. Дополнительная проверка данных в Excel служит дополнительным барьером на пути ошибок. Технологи, менеджеры или другие специалисты, не владеющие углубленно КОМПАС-3D, могут самостоятельно формировать необходимые конфигурации изделий, редактируя только файл Excel.

Несмотря на эффективность, метод имеет ряд ограничений, которые необходимо учитывать.

Модель целиком зависит от корректности данных в Excel. Несоответствие типов данных (например, текст вместо числа) или нарушение геометрических ограничений (невозможность построения геометрии при заданных значениях) приведет к ошибке.

При перемещении или переименовании файла Excel связь с моделью будет нарушена. При передаче проекта необходимо архивировать как файлы деталей и сборок, так и все связанные Excel-таблицы, сохраняя их относительные пути.

Связь является «односторонней» в момент выполнения команды «Изменить по таблице». Динамическая обратная связь (автоматическое обновление Excel при изменении модели в КОМПАС) отсутствует.

Для минимизации рисков рекомендуется разрабатывать и строго соблюдать стандарты именования переменных и структуры таблиц, использовать проверку данных в Excel, сопровождать таблицы комментариями и инструкциями для пользователей, а также внедрять систему контроля версий для папок проекта, включающих как CAD-модели, так и управляющие файлы.

Интеграция параметрических возможностей САПР КОМПАС-3D с табличным процессором Microsoft Excel представляет собой мощный и практичный инструмент для автоматизации конструкторской деятельности. Рассмотренная методика позволяет вынести управление параметрами на новый

уровень, трансформируя отдельные 3D-модели в гибкие и легко настраиваемые цифровые продукты.

Данный подход находит широкое применение в задачах разработки библиотек стандартных деталей и типовых узлов, создания коммерческих конфигураторов продукции и организации сквозного проектного процесса на предприятиях с серийным и мелкосерийным характером производства. Дальнейшим развитием метода может стать использование скриптов (например, на языке Python) для автоматизации массового создания моделей на основе комплексных данных из Excel, что открывает путь к полноценной цифровой трансформации этапа конструкторской подготовки производства.

Список источников

- [1] Новожилова С.А., Егорычева Е.В. Информационное обеспечение в современных технологиях обучения графическим дисциплинам. *Геометрия и графика*, 2013, № 3, т. 1, ч. 1, с. 33–35.
- [2] Волкова М.Ю., Егорычева Е.В. Графическая грамотность инженера как способ получения фундаментальных профессиональных знаний. *Геометрия и графика*, 2013, № 1, т. 2, с. 53–58.
- [3] Егорычева Е.В., Волкова М.Ю. Применение параметризации при проектировании изделий машиностроительного производства в САПР. *Состояние и перспективы развития электро- и теплотехнологии (Бенардосовские чтения). Междунар. (XX Всерос.) науч.-техн. конф.: матер.* Иваново, Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина, 2019, т. III, с. 244–246. EDN: UHQGLS
- [4] Парамонов С.С. Разработка параметрической модели переходной плиты в САПР КОМПАС-3D. *Наукоемкие технологии в приборо- и машиностроении и развитие инновационной деятельности в вузе. Всерос. науч.-техн. конф.: матер.* Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2025, с. 138–141.

Design of a parametric CAD models in KOMPAS - 3D using Microsoft Excel

Paramonov Sergey Sergeevich

paramonovss@bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

The work analyzed the methodology for integrating parametric models developed in the KOMPAS-3D CAD system with external Microsoft Excel spreadsheets. A practical example of managing the parameters of a transition plate is considered, outlining step-by-step procedures for establishing a connection and analyzing the advantages and limitations of the approach. It is demonstrated that using Excel for centralized variable management significantly accelerates the group design process of standard parts, reduces errors, and simplifies collaboration between specialists. This method is particularly relevant for creating libraries of standard components and product configurators in serial production environments.

Keywords: parametric modeling, KOMPAS-3D, Microsoft Excel, integration, design automation, external variables, parts library

УДК 004.89:744

Российские нейросети в инженерном образовании

Сломинская Елена Николаевна	slominskaya_elena@bmstu.ru
Соселия Дмитрий Малхазович	soseliyadm@student.bmstu.ru
Каменный Иван Сергеевич	kamennyyis@student.bmstu.ru
Беликов Никита Романович	beliikovnr@student.bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Рассмотрено применение российских нейросетевых технологий для решения задач по классической и начертательной геометрии. Представлен анализ развития отечественного ИИ, включая такие модели, как YaLM, GigaChat и Kandinsky. Показано, как эти системы, объединяя визуальное распознавание и логический анализ, могут использоваться для автоматизации проверки заданий, генерации чертежей и создания 3D-моделей. Сделан вывод, что российские нейро-ассистенты обладают значительным потенциалом для внедрения в инженерное образование и практику, способствуя повышению качества подготовки специалистов.

Ключевые слова: российские нейросети, искусственный интеллект, начертательная геометрия, инженерная графика, нейро-ассистент

Введение. Искусственные нейронные сети представляют собой один из наиболее прогрессивных инструментов современной информатики. По своей сути они имитируют работу человеческого мозга: информация проходит через множество взаимосвязанных «искусственных нейронов», что позволяет системе самостоятельно обучаться, распознавать закономерности и делать прогнозы. Благодаря этому подходу нейросети находят применение в самых разных областях — от медицины и промышленности до образования и науки [1].

Особый интерес вызывает использование нейросетей в образовательной среде. В последние годы искусственный интеллект все активнее внедряется в учебные процессы — от проверки домашних заданий до адаптации учебных материалов под уровень студента. Такие технологии способны не только автоматизировать рутинные процессы, но и помочь учащимся глубже понимать сложные дисциплины, например геометрию и инженерную графику [2].

Тема доклада посвящена именно российским нейросетевым системам, которые применяются для решения задач по классической и начертательной геометрии. Эти направления требуют не только логического анализа, но и пространственного мышления, поэтому их автоматизация представляет собой сложную и актуальную задачу для отечественных разработчиков.

Наша цель — показать, как в России развиваются такие технологии, какие решения уже существуют и как они могут изменить процесс обучения и инженерной подготовки [3].

Классическая и начертательная геометрия как предмет для ИИ. Классическая геометрия традиционно изучает формы, размеры и взаимное

расположение фигур на плоскости или в пространстве: прямые, плоскости, углы, треугольники, многоугольники, тела.

Начертательная геометрия дополняет это направление: ее задачей является отображение трехмерных объектов на двумерной плоскости и решение задач, связанных с построением, проекцией и исследованием пространственных фигур.

Эти дисциплины представляют серьезную сложность для цифровой обработки и автоматизации. Причина в том, что они требуют не просто вычисления, но визуального мышления: понимать чертеж, воображать пространственную ситуацию, работать с построениями и взаимным расположением элементов. Машине сложнее «увидеть» геометрический чертеж, распознать взаимосвязи фигур, понять, как они проецируются и какие доказательства лежат в основе.

Задачи классической и начертательной геометрии часто включают: построения, анализ взаимного расположения фигур, работу с проекциями и преобразованиями, доказательства и рассуждения.

Все это делает автоматизацию задач геометрии нетривиальной: система должна распознавать изображения, переводить визуальные данные в математический формат, моделировать пространственные ситуации и работать с логикой доказательств. При этом начертательная геометрия требует еще и навыка работы с чертежами, проекциями, построениями, что для обычного ИИ-модуля может быть непривычно [4].

Таким образом, автоматизация задач по классической и начертательной геометрии представляет собой комплексную задачу: объединение визуального распознавания, геометрического построения и логического рассуждения, что делает ее интересным вызовом для российских нейросетевых систем.

Развитие нейросетей в России. В России развитие искусственного интеллекта и нейронных сетей прошло несколько этапов. В начале 2010-х годов ИИ-технологии были преимущественно академическими и экспериментальными. Позже, начиная с середины 2010-х, появились первые коммерческие разработки и пилотные проекты. Существенный скачок произошел в конце 2010-х и особенно в начале 2020-х годов, когда появились базовые модели и крупные технологии генеративного ИИ, ориентированные на русский язык и российский рынок [5].

В числе лидеров — Сбербанк (GigaChat, Kandinsky), Яндекс (YaLM, YandexGPT), а также университеты: МФТИ, ИТМО, МГУ, МГТУ им. Н.Э. Баумана. Государственная стратегия по ИИ, специализированные порталы и поддержка экосистемы способствуют развитию.

Около 20 % крупных российских компаний уже используют генеративные модели ИИ. Россия находится в активной фазе развития нейросетевых технологий: от исследования и базовых моделей — к внедрению и коммерциализации.

Российские нейросети, умеющие решать геометрические задачи. В России уже есть примеры нейросетевых систем, ориентированных на работу

с геометрическими задачами, включая изображения, чертежи и текстовые условия [6].

Модели YaGPT и YandexML от Яндекса обрабатывают комбинированный ввод: условие задачи плюс изображение-чертеж, результат — текстовое решение или рассуждение.

Сбербанк развивает генеративный ИИ: Kandinsky (изображения), GigaChat (текст), которые могут быть адаптированы к геометрии [7].

Университеты (МФТИ, МГТУ им. Н.Э. Баумана, ИТМО) работают с прикладной и начертательной геометрией, визуализацией, дополненной реальностью и 3D-моделями [8].

Хотя массовых решений пока немного, направление активно развивается.

Применение в образовании и инженерии. ИИ внедряется в образование: автоматическая проверка решений, выявление ошибок, объяснение логики. Особенно актуально для геометрии, инженерной графики и начертательной геометрии.

Нейросети визуализируют материалы: динамические изображения, 3D-модели, схемы. Это помогает студентам лучше усваивать материал, а преподавателям — проводить демонстрации.

ИИ используется для генерации заданий, адаптации под уровень группы, создания иллюстраций. Такие подходы тестируются в МФТИ, ИТМО, МГТУ им. Н.Э. Баумана [8].

В инженерии ИИ применяется в CAD-системах: КОМПАС-3D, AutoCAD, MathCAD — ускоряет моделирование, оптимизирует конструкции, прогнозирует ошибки.

ИИ становится полноправным участником образовательного и инженерного процессов.

Проблемы и перспективы. Основная проблема — нехватка датасетов с графическими чертежами, проекциями и 3D-моделями. Большинство выборов ориентировано на текст или фото.

Также сложна интерпретация трехмерных задач: ИИ требует распознавания формы и логического анализа.

Перспективы — мультимодальные нейросети, работающие с текстом, изображением и математикой. Сбер и Яндекс тестируют такие решения. Университеты создают базы данных и обучающих ассистентов.

В будущем возможна разработка «нейро-ассистента геометра» — системы, решающей задачи начертательной геометрии, строящей чертежи, визуализирующей рассуждения.

Заключение. Современные российские нейросети уже способны решать задачи по геометрии, но область активно развивается. Внедрение ИИ в инженерное образование повышает качество подготовки специалистов и ускоряет обучение. Развитие отечественных ИИ-технологий — стратегически важное направление для науки, образования и промышленности России.

Список источников

- [1] *Нейросеть: что это, как работает и как применяется*. URL: <https://trends.rbc.ru/trends/industry/641157be9a7947d3401fa3e8> (дата обращения 10.10.2025).
- [2] Букина Т.В. Искусственный интеллект в образовании: современное состояние и перспективы развития. *Общество: социология, психология, педагогика*, 2025, № 1, с. 76–83.
- [3] *Исследования искусственного интеллекта в России*. URL: https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Исследования_искусственного_интеллекта_в_России (дата обращения 10.10.2025).
- [4] *Что такое нейросеть — простым языком*. URL: <https://hi-tech.mail.ru/review/63074-chto-takoe-nejrosset> (дата обращения 10.10.2025).
- [5] *Искусственный интеллект в образовании: примеры России*. URL: <https://economics.hse.ru/esjourn/news/931717426.html> (дата обращения 10.10.2025).
- [6] Понетаева Н.Х., Патрушева Н.В. *Начертательная геометрия в примерах и задачах*. Екатеринбург, УГТУ-УПИ, 2008, 112 с.
- [7] Баздеров Г.А. Конструктивные задачи — их особенности и метод решения. *Актуальные вопросы фундаментальных наук в техническом вузе: сб. ст.* Кемерово, Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева, 2018, с. 290–293.
- [8] *Применение нейросетей в инженерном образовании*. URL: <https://tass.ru/obschestvo/27122831> (дата обращения 10.10.2025).

Russian neural networks in engineering education

Slominskaya Elena Nikolaevna

slominskaya_elena@bmstu.ru

Soseliya Dmitry Malkhazovich

soseliyadm@student.bmstu.ru

Kamenny Ivan Sergeevich

kamennyyis@student.bmstu.ru

Belikov Nikita Romanovich

beliikovnr@student.bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

This paper discusses the use of Russian neural network technologies for solving problems in classical and descriptive geometry. It presents an analysis of the development of domestic AI, including models such as YaLM, GigaChat, and Kandinsky. It demonstrates how these systems, combining visual recognition and logical analysis, can be used to automate assignment checking, generate drawings, and create 3D models. The conclusion states that Russian neural assistants have significant potential for integration into engineering education and practice, contributing to the improvement of specialist training quality.

Keywords: *Russian neural networks, artificial intelligence, descriptive geometry, engineering graphics, neural assistant*

УДК 621.98

Применение системы САПР КОМПАС - 3D для определения формы и размеров плоской заготовки при гибке

Шляпникова Диана Шаяхметовна¹

dianamykhanova@yandex.ru

Шестернина Елена Анатольевна²

ea.seth@bmstu.ru

¹ ТулГУ, Тула, Россия² КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Проведен сравнительный анализ применения аналитического и автоматизированного расчета формы и размеров плоской заготовки при гибке. На примере моделирования детали «Ограничитель» в системе САПР КОМПАС-3D и аналитического расчета показана эффективность применения САПР для определения формы и размеров развертки. Представлены схемы штучной заготовки детали «Ограничитель», размеры которой получены аналитическим и автоматизированным расчетами. Сделан вывод об эффективности применения обоих методов расчета развертки в учебном процессе. А также описаны преимущества и недостатки данных методов.

Ключевые слова: развертка, расчет, САПР, КОМПАС-3D

Чтобы определить длину заготовки рекомендуется использовать допущение, что длина волокна исходной заготовки в нейтральном слое не подвергается изменениям [1]. Размеры плоской заготовки определяют из условия равенства равенства длин плоской заготовки и суммы длин прямых и криволинейных участков готового изделия [2].

В связи с влиянием различных факторов: свойств материала, качества обработки рабочих поверхностей инструмента, скорости деформации, конструкции штампов, рассчитать длину заготовки при изготовлении сложных и ответственных изделий не всегда возможно, поэтому эту величину уточняют опытным путем [3, 4].

Положение нейтрального слоя зависит от условий деформирования. При достаточно больших радиусах изгиба нейтральный слой проходит через центр тяжести поперечного сечения и может быть определен по формуле

$$\rho = r + s / 2,$$

где r — внутренний радиус изгибаемой детали.

При изгибе узких полос, когда имеет место пластический объемный изгиб — нейтральный слой смещается относительно серединной линии в сторону сжатых волокон. Это смещение тем больше, чем меньше радиус изгиба. Радиус кривизны нейтральной поверхности можно определить по формуле

$$\rho = \sqrt{Rr} = \sqrt{(r + s)r},$$

где R , r — наружный и внутренний радиус изгибаемой детали.

При определении размеров заготовки следует учитывать соотношение радиуса гибки и толщины деформируемого материала и рассматривать два случая:

- гибка с закруглением по радиусу $r > 0,5S$;
- гибка без закругления, т. е. $r < 0,5S$.

При гибке с закруглением по радиусу $r > 0,5S$ одного угла $\pi/2$ заготовка рассчитывается по формуле

$$l_{\text{заг}} = l_1 + l_2 + \frac{\pi}{2}(r + xS), \quad (1)$$

где xS — расстояние нейтрального слоя от внутреннего радиуса, x — коэффициент зависящий от отношения r/S (см. таблицу).

При гибке без закругления для $r < 0,5S$ длина заготовки рассчитывается:

$$L_{\text{заг}} = l_1 + l_2 + 0,5S. \quad (2)$$

Значения коэффициента x , определяющего положение нейтрального слоя

Отношение r / S	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0
Коэффициент x	0,323	0,340	0,356	0,367	0,379	0,389	0,400	0,413	0,421
Отношение r / S	1,2	1,5	2	3	4	5	6	7	8
Коэффициент x	0,426	0,441	0,455	0,463	0,477	0,480	0,485	0,490	0,495

при нескольких углах гибки, равных 90° , с одинаковым радиусом сопряжения:

$$L_{\text{заг}} = l_1 + l_2 + l_3 + \dots + \frac{\pi}{2}n(r + xS) \quad (3)$$

при нескольких углах гибки, равных 90° , и разных радиусах сопряжения:

$$L_{\text{заг}} = l_1 + l_2 + l_3 + \dots + l_n = l_1 + l_2 + \frac{\pi}{2}(r_1 + xS) + \frac{\pi}{2}(r_2 + xS) + \dots + \frac{\pi}{2}(r_n + xS). \quad (4)$$

Деталь «Ограничитель» имеет два профиля гибки. Профиль относится к двухугловому П-образному варианту гибки и состоит из трех линейных и двух радиусных участков (рис. 1).

Длина заготовки может быть определена по формуле

$$L_{\text{заг1}} = l_1 + l_2 + l_3 + \frac{\pi}{2} \times 2(r + xS).$$

Размеры прямых участков соответственно равны:

$$l_1 = 11 - S - R = 11 - 3 - 3 = 5 \text{ мм};$$

$$l_2 = 42,5 - 2R = 42,5 - 2 \times 3 = 36,5 \text{ мм};$$

$$l_3 = 32 - S - R = 32 - 3 - 3 = 26 \text{ мм}.$$

Так как отношение $\frac{r}{S} = \frac{3}{3} = 1,0$, то коэффициент $x = 0,421$.

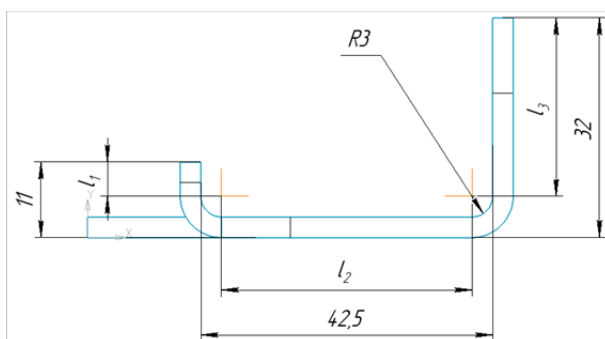


Рис. 1. Схема П-образного профиля гибки детали «Ограничитель»

Тогда радиус кривизны нейтрального слоя равен:

$$\rho = 3 + 0,421 \times 3 = 4,263 \text{ мм.}$$

Определим длину нейтрального слоя в изогнутом участке:

$$l_{\alpha} = \frac{\pi \cdot \alpha}{180^{\circ}} \rho = \frac{3,14 \cdot 90^{\circ}}{180^{\circ}} \times 4,263 = 6,692 \text{ мм.}$$

Длина плоской заготовки первого П-образного профиля гибки детали равна

$$L_{\text{заг}} = l_1 + l_2 + l_3 + 2l_{\alpha} = 5 + 36,5 + 26 + 2 \times 6,692 = 80,884 \text{ мм.}$$

Эскиз плоской заготовки, размеры которой определены по расчетам, представлен на рис. 2.

Длина заготовки при аналитическом расчете равна 80,884 мм.

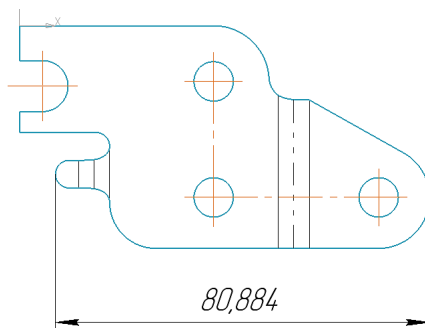


Рис. 2. Схема штучной заготовки детали «Ограничитель»

Размеры детали, по которым построена 3D-модель, представлена на рис. 3.

3D-модель детали, построенная в системе КОМПАС-3 D, представлена на рис. 4.

Развертка детали, вычисленная в системе КОМПАС-3D, представлена на рис. 5.

Эскиз плоской заготовки, размеры которой определены в системе КОМПАС-3D, представлен на рис. 6.

Длина заготовки при автоматизированном расчете равна 80,893 мм.

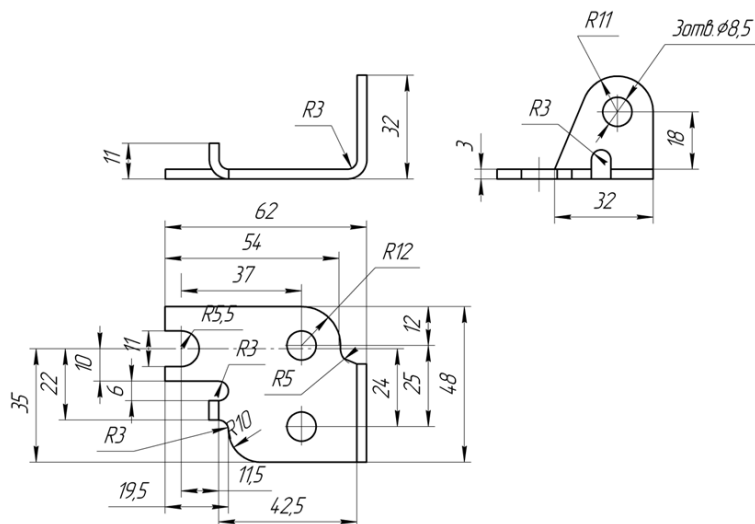


Рис. 3. Размеры детали «Ограничитель»

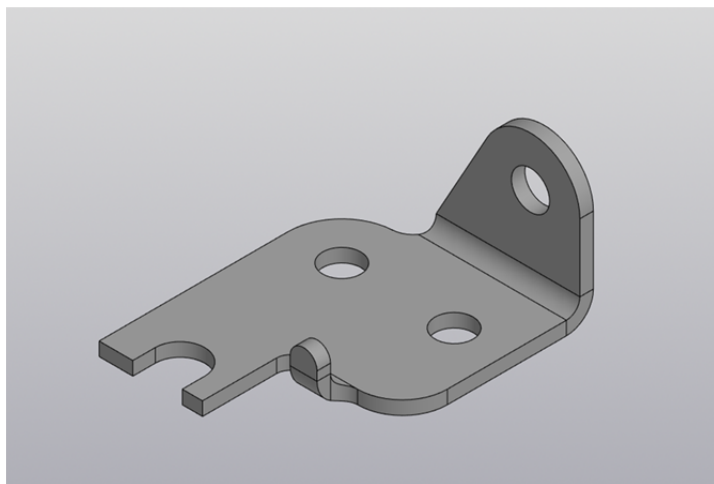


Рис. 4. 3D-модель детали «Ограничитель»

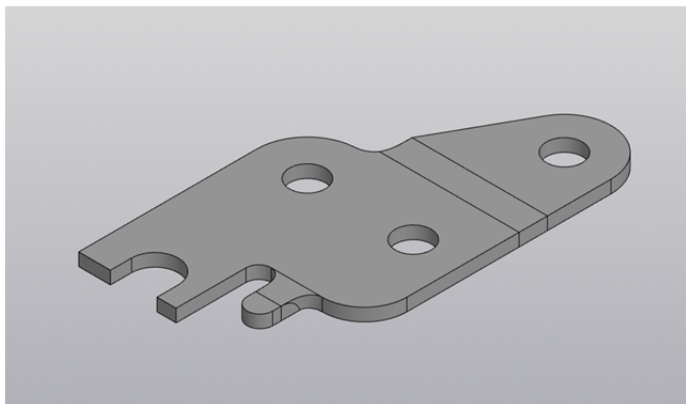


Рис. 5. 3D-модель развертки детали «Ограничитель»

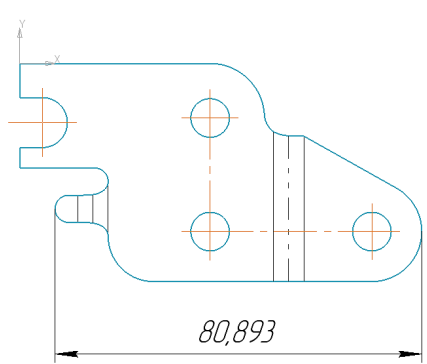


Рис. 6. Схема штучной заготовки детали «Ограничитель»

Из полученных значений длин можно сделать вывод о том, что развертка при автоматизированном расчете является более точной.

Длина заготовки (аналитический расчет) = 80,884 мм

Длина заготовки (автоматизированный расчет) = 80,893 мм

В учебном процессе важно использовать оба метода расчета развертки, так как у каждого метода есть свои преимущества и недостатки.

Аналитический расчет развивает навыки понимания формирования деталей из листа, а также не требует навыков работы в САПР-системах. В каждом методе есть как преимущества, так и недостатки. К недостаткам данного метода можно отнести высокую трудоемкость, возможные ошибки при расчетах, требование знания теории и методов расчета, а также трудоемкий пересчет при изменении конструкции детали.

Автоматизированный расчет имеет больше преимуществ: автоматизация расчетов и минимизация ошибок (тем самым исключается человеческий фактор), высокий уровень точности развертки, а также возможность быстрого

изменения параметров и автоматического обновления развертки. Единственным недостатком данного метода является требование наличия навыков работы в САПР-системах.

Список источников

- [1] Романовский В.П. *Справочник по холодной штамповке*. Ленинград, Машиностроение, 1979, 520 с.
- [2] Псарев Д.Н., Мишин М.М., Бахарев А.А. *Обработка конструкционных материалов*. Мичуринск, Мичуринский ГАУ, 2018, 154 с.
- [3] Сидельников С.Б., Довженко И.Н., Губанов И.Ю. *Моделирование и автоматизированное проектирование технологических процессов обработки металлов давлением*. Красноярск, СФУ, 2019, 252 с.
- [4] Бер В.И., Сидельников С.Б., Соколов Р.Е., Иванов Е.В. *Технология листовой штамповки*. Красноярск, СФУ, 2012, 168 с.

Using the KOMPAS- 3D CAD system to determine the shape and dimensions of a flat workpiece during bending

Shlyapnikova Diana Shayakhmetovna¹

dianamykhanova@yandex.ru

Shesternina Elena Anatolyevna²

ea.seth@bmstu.ru

¹ TULSU, Tula, Russia

² Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

The paper provides a comparative analysis of the use of analytical and automated calculations of the shape and dimensions of a flat workpiece during bending. Using the example of modeling the “Limiter” part in the CAD system KOMPAS-3D and analytical calculations, the effectiveness of using CAD to determine the shape and dimensions of the unfolding is demonstrated. The paper presents the schemes of the “Limiter” part, the dimensions of which are obtained using analytical and automated calculations. The paper concludes that both methods of calculating the unfolding are effective in the educational process. The paper also describes the advantages and disadvantages of these methods.

Keywords: unfolding, calculation, CAD, KOMPAS-3D

УДК 514.18

Ключевые проблемы и пути их решения в преподавании начертательной геометрии

Вяткин Андрей Андреевич а -

vyatkin@bmstu.ru

Лучкова Мария Михайловна

luchkovamm@student.bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Рассмотрены системные проблемы преподавания начертательной геометрии, связанные с трудностями обучающихся и сложностями содержания. Предложен комплекс мер для повышения эффективности обучения, включающий цифровые инструменты, усиление практической направленности и современные педагогические технологии. Сообщается, что реализация данных подходов направлена на преодоление разрыва между теорией и практикой. Сделан вывод о возможности применения предложенных методов для модернизации образовательного процесса и повышения качества подготовки инженеров

Ключевые слова: *начертательная геометрия, методика преподавания, трудности преподавания, современные педагогические технологии*

Преподавание начертательной геометрии сталкивается с рядом системных проблем, которые негативно влияют на качество обучения. Их можно сгруппировать по двум ключевым направлениям: проблемы, связанные с обучающимися, и проблемы, обусловленные спецификой предмета и методикой преподавания.

Трудности, с которыми сталкиваются обучающиеся можно подразделить на несколько факторов.

1. Недостаточное развитие пространственного мышления. Наличие пространственного мышления является как врожденным фактором, так и фактором, который можно развить в процессе тренировок, путем решения различных задач [1]. Учащиеся испытывают сложности с:

- мысленным представлением трехмерных объектов;
- трансформацией двумерных чертежей в объемные образы;
- установлением взаимосвязей между геометрическими и алгебраическими концепциями.

2. Неоднородность уровня подготовки. В настоящее время не во всех общеобразовательных школах имеется урок «Черчение», поэтому неоднородность уровня подготовки студентов очень заметна. В одной учебной группе оказываются студенты с существенно различающимся базовым уровнем знаний, что затрудняет выстраивание единой образовательной траектории.

3. Низкая вовлеченность студентов. Многие обучающиеся не осознают практической ценности начертательной геометрии для будущей профессии, что снижает их заинтересованность в предмете. Одна из основных задач преподавателя это заинтересовать студента в предмете. Сообщить насколько важным является этот предмет, а также использовать современные методики преподавания.

Проблемы содержания и методики преподавания заключаются в следующем.

1. Высокая степень абстрактности. Начертательная геометрия оперирует пространственными задачами через плоские изображения, что требует развитого абстрактного мышления и часто вызывает затруднения.

2. Слабая связь с практикой. Студенты воспринимают начертательную геометрию как сугубо теоретическую дисциплину, поскольку не видят ее применения в профессиональной деятельности (например, в проектировании технических систем) [2]. Необходимо налаживать межпредметные связи, чтобы обучающий осознавал значимость предмета.

3. Сложность формального аппарата. Освоение ключевых понятий (проекции, плоскости, основные и вспомогательные виды) предполагает усвоение значительного объема правил и алгоритмов, что создает когнитивную нагрузку.

4. Дефицит времени. Сокращение аудиторных часов в учебных планах ограничивает глубину проработки тем и объем практических заданий

5. Ограниченность традиционных средств обучения. Работа только с карандашом и бумагой не соответствует цифровым ожиданиям современного поколения.

Для повышения эффективности обучения предлагается следующий комплекс мер.

1. Развитие пространственного мышления через цифровые инструменты. К этим методам относятся: внедрение специализированных программ (например, КОМПАС-3D) для создания интерактивных 3D-моделей; визуализация геометрических концепций в динамической среде [3].

2. Усиление наглядности и практической направленности. Можно отнести такие меры как использование физических моделей (бумажные конструкции, трехмерные объекты, нити); интеграция практических заданий: чтение и анализ чертежей, решение прикладных задач; [4] стимулирование диалога — поощрение вопросов, связывающих теорию с реальными примерами.

3. Дифференцированный подход к обучению: учет индивидуального уровня подготовки каждого студента; организация дополнительных занятий для отстающих; разработка многоуровневых заданий, позволяющих работать в комфортном темпе.

4. Демонстрация практической значимости: показ применения начертательной геометрии в профильных областях (машиностроение, архитектура, дизайн); разбор реальных кейсов из профессиональной практики; приглашение специалистов для демонстрации роли геометрии в их работе.

5. Внедрение современных педагогических технологий:

– элементы теории решения изобретательских задач: анализ противоречий в геометрических построениях; поиск оптимальных решений через перебор вариантов;

– обучение: постановка задач с неполными данными, требующих самостоятельного поиска методов решения; обсуждение альтернативных подходов к построению проекций;

– геймификация: викторины по чтению чертежей; соревнования на скорость и точность выполнения построений.

6. Использование цифровых платформ. При обучении можно использовать различные цифровые платформы, такие как мультимедиа-лекции с анимацией преобразований (развертки, сечения, вращения), онлайн-тесты для оперативного контроля знаний с автоматической проверкой, виртуальные симуляторы для отработки навыков построения проекций в интерактивном режиме.

Реализация этих мер позволит: повысить мотивацию студентов; улучшить понимание абстрактных концепций; сократить разрыв между теорией и практикой; создать комфортную образовательную среду для учащихся с разным уровнем подготовки.

Современные вызовы в преподавании начертательной геометрии требуют перехода от традиционных репродуктивных методов к интерактивным, практико-ориентированным подходам. Такой подход не только повысит качество усвоения материала, но и подготовит студентов к решению инженерных задач в условиях цифровой трансформации промышленности.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- [1] Данлами К.Б., Закария Ю.Ф., Баларабе Б., Алотаиби С.Б., Алросаа Т.М. Повышение успеваемости учащихся по геометрии: эмпирическое доказательство эффективности стратегии мозгового штурма в обучении. *Фронт. психол.*, 2025, № 1 с. 56–69.
- [2] Рукавишников Е.Л. О проблемах преподавания начертательной геометрии в вузе. *Современные образовательные технологии в мировом учебно-воспитательном пространстве*, 2016, № 4, с. 134–140.
- [3] Хлебникова Н.А., Дарамаева А.А. О проблемах преподавания «начертательной геометрии», «инженерной графики» студентам, не имеющим базовых знаний по черчению. *Научный электронный журнал меридиан*, 2018, № 6, с. 327–329. EDN: YXQZLV
- [4] Шангина Е.И. Актуальные проблемы геометро-графического образования. *Сибирский педагогический журнал*, 2008, № 4, с. 77–82.

Key problems and solutions in teaching descriptive geometry

Vyatkin Andrey Andreevich

a-vyatkin@bmstu.ru

Luchkova Mariya Mikhailovna

luchkovamm@student.bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

The paper examines systemic challenges in teaching descriptive geometry, focusing on student-related difficulties and content-complexity issues. A comprehensive set of measures is proposed to enhance learning effectiveness, incorporating digital tools, increased practical relevance, and modern pedagogical technologies. It is reported that implementing these approaches aims to bridge the gap between theory and practice. The study concludes that the proposed methods can be effectively applied to modernize the educational process and improve the quality of engineering training.

Keywords: descriptive geometry, teaching methodology, pedagogical challenges, innovative teaching technologies

УДК 744

Гипербола — разновидность лекальных кривых

Зуев Алексей Михайлович

zuevam@bmstu.ru

Зенкин Вячеслав Николаевич

zenkinvn@student.bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

В начертательной геометрии есть понятие линия. Линия это множество точек. Поэтому линию рассматривают как траекторию движения точки. Исходя из этого линия может быть прямой и кривой, пространственной или плоской. Плоская кривая состоит из точек, принадлежащих одной плоскости. К таким кривым относятся лекальные кривые. Лекальные кривые — это кривые, полученные соединением ряда точек линией при помощи лекала. К таким кривым относятся: эллипс, парабола синусоида циклоида, эвольвента, гипербола. Гипербола это геометрическое место точек, разность расстояний от которых до двух заданных точек, называется фокусом, есть величина постоянная.

Ключевые слова: точка, ось, фокус, гипербола

Гиперболу относят к кривым второго порядка, которую можно описать в системе декартовых координат уравнением второй степени по отношению к текущим координатам. Уравнение второй степени с двумя переменными имеет вид: $Ax^2 + Bxy + Cy^2 + Dx + Ey + F = 0$.

Сделав преобразование данного уравнения, получаем другой вид:

$$\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} = 1.$$

Это и есть уравнение кривой гиперболического типа.

Разберем варианты построения гиперболы. Построим гиперболу используя ее каноническое уравнение. Проводим две взаимно перпендикулярные оси X и Y . Точка O пересечения осей является центром гиперболы. На оси X возьмем две произвольные точки F_1 и F_2 , являющимися фокусами гиперболы. Расстояние между ними принимаем равным $2c$ (рис. 1). Произвольная точка M будет принадлежать гиперболе, если: $MF_2 - MF_1 = 2a$. Запишем уравнение гиперболы:

$$\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} = 1,$$

где $b^2 = c^2 - a^2$.

Можно сделать некоторые выводы.

1. Оси координат будут являться осями симметрии гиперболы.
2. Приняв в уравнении гиперболы $Y = 0$, получаем $\frac{x^2}{a^2} = 1$ или $X^2 = a^2$, следовательно, $X = \pm a$. Получаем, что точки A_1 с координатами $(a, 0)$ и A_2 с координатами $(-a, 0)$ являются вершинами гиперболы.

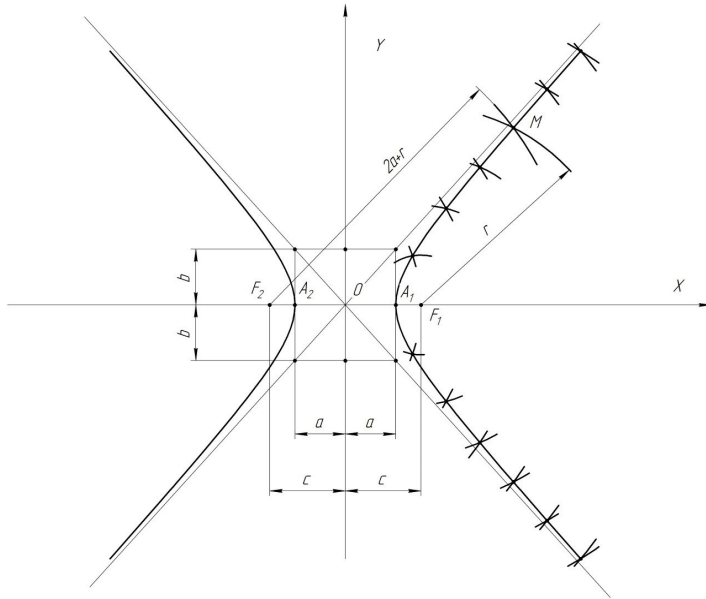


Рис. 1. Построение гиперболы по ее уравнению

3. Если взять $\frac{x^2}{a^2} \geq 1$, получаем, что величина $|x|$ будет изменяться от $+a$ до $+\infty$ (правая ветвь гиперболы) и от $-a$ до $-\infty$ (левая ветвь гиперболы), а величина y изменится от $+\infty$ до $-\infty$.

4. Приняв $X = 0$, получим $-\frac{Y^2}{b^2} = 1$ или $Y^2 = -b^2$ получим $Y = \pm b\sqrt{-1}$. Делаем заключение, что a и b являются действительной и мнимой полуосями гиперболы.

5. Удаляясь в бесконечность, ветви гиперболы приближаются к прямым линиям, которые называются асимптотами гиперболы. Асимптоты будут являться диагоналями прямоугольника со сторонами $2a$ и $2b$.

6. Если из фокусов провести дуги радиусов r и $2a + r$, то на их пересечении мы и получим искомую точку M , принадлежащую гиперболе. Изменяя r получаем другие точки гиперболы [1].

Построим гиперболу, если будем знать значения ее полуосей a и b (рис. 2).

На осях координат от O откладываем значения полуосей a и b и получаем прямоугольник. Диагонали прямоугольника являются асимптотами гиперболы. Пересечение прямоугольника с осью X дает вершину A гиперболы. Из точки O проводим дугу радиусом OA . Из точки пересечения дуги с осью Y проводим прямую, параллельно оси X . Затем проводим произвольную прямую через точку 3 параллельно оси X . Пересечение этой прямой с асимптотой дает точку 1. Из точки 1 опускаем перпендикуляр на заданную прямую и получаем точку 2. Из этих построений вытекает, что $O2 = 3M$, где точка M принадлежит гиперболе.

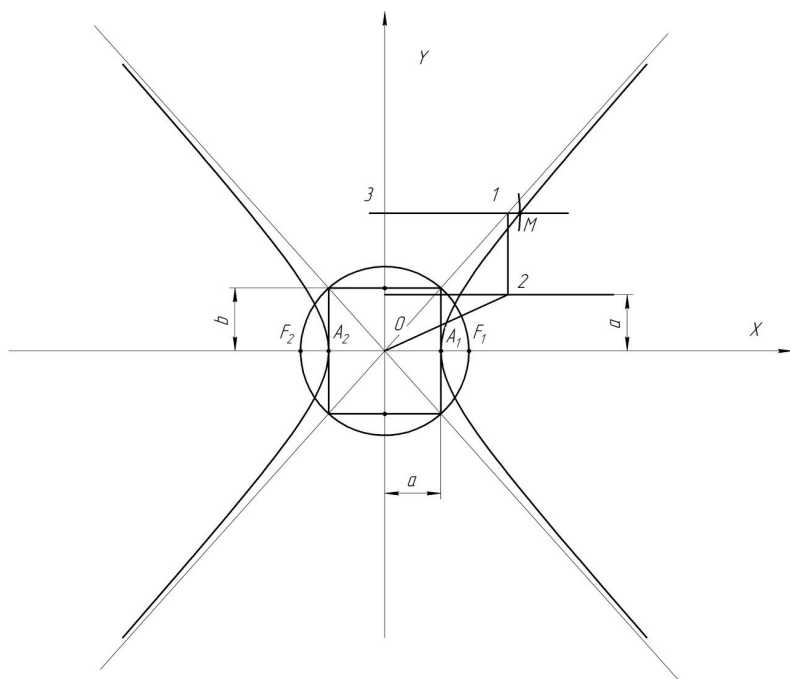


Рис. 2. Построение гиперболы по ее полуосям

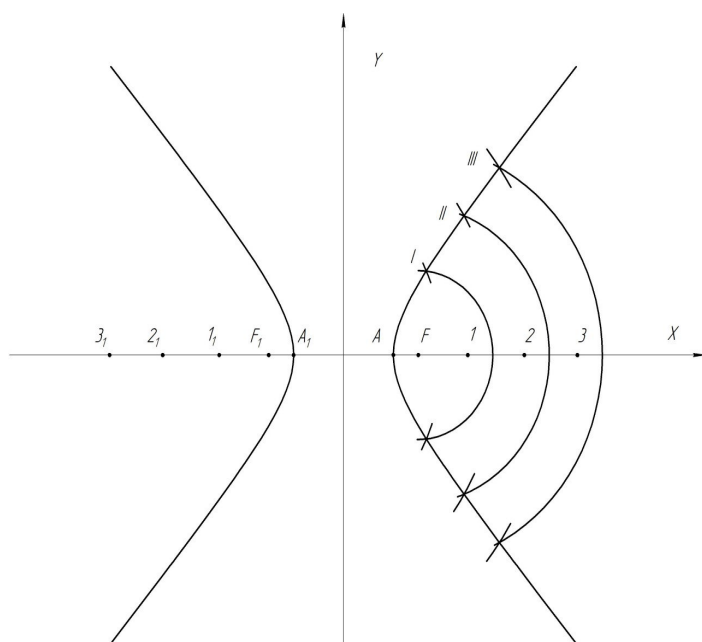


Рис. 3. Построение гиперболы по фокусам

Повторив данное действие несколько раз, мы получим необходимое количество точек на гиперболе [2].

Гиперболу можно построить, если знаем расстояние между ее фокусами F и F_1 (рис. 3). На оси X отложим от точки O равные отрезки в обе стороны. Полученные точки A и A_1 принимаем за вершины гиперболы. От фокуса F на оси X берем ряд произвольных точек 1, 2, 3. Из точки F проводим дуги с радиусами A_11 , A_12 , A_13 . На пересечении этих дуг получаем точки принадлежащие гиперболе [3].

Изучив способы построения гиперболы делаем заключение: гипербола содержит две ветви — правую и левую, точки гиперболы располагаются симметрично относительно оси x , то есть равномерно удалены от нее, фокусы и вершины гиперболы удалены от оси Y на одинаковые расстояния.

В начертательной геометрии при изучении темы поверхности имеют дело с поверхностью гиперболоида. По названию поверхности можно понять, что очерком, то есть границей поверхности, является гипербола.

Рассматривая тему конических сечений, где секущая плоскость располагается параллельно оси конуса, то в сечении мы получаем гиперболу.

Исходя из сказанного получаем, что кривые линии второго порядка и гипербола, относящаяся к ним нашли широкое применение в ряде разделов физики, в астрономии, механике, архитектуре, машиностроении и др.

Кривые линии второго порядка называют кониками или линиями конических сечений.

Поверхность конуса — одна из наиболее часто используемых в машино- и приборостроении, поэтому изучение конических сечений занимает одну из ключевых тем при изучении курса «Начертательная геометрия» [4].

Список источников

- [1] Бубенников А.В. *Начертательная геометрия*. Москва, Высшая школа, 1973, 145 с.
- [2] Павлова А.А. *Начертательная геометрия*. Москва, Гуманитарный издательский центр «Владос», 2005, 94 с.
- [3] Новичихин Л.И. *Справочник по техническому черчению*. Москва, Книжный Дом, 2008, 320 с.
- [4] Годик Е.И., Каскин А.М. *Справочное руководство по черчению*. Москва, Машиностроение, 1974, 42 с.

Hyperbola — current curves

Zuev Alexey Mikhailovich

zuevam@bmstu.ru

Zenkin Vyacheslav Nikolaevich

zenkinvn@student.bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

There is a concept of a line in descriptive geometry. A line is a set of points. Therefore, the line is considered as the trajectory of the point. Based on this, the line can be straight and curved, spatial or flat. A flat curve consists of points belonging to the same plane. Such curves include pattern curves. Pattern curves are curves obtained by connecting a series of points with a line using a pattern. Such curves include: ellipse, parabola, sinusoid, cycloid, involute, hyperbola. A hyperbola is a geometric place of points, the difference in the distances from which to two given points is called a focus, there is a constant value.

Keywords: point, axis, focus, hyperbola

***Секция 15. Социально -
экономические
аспекты экономики***

УДК 339.138

Применение методов Data Science в современном маркетинге и аппликация этих методов для анализа поведения абитуриентов

Парамонов Лев Артурович

paramonovlev@mail.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Рассмотрены методы Data Science для применения в современном маркетинге, что соответствует современным реалиям цифровизации и постоянного роста количества информации. Применение этих методов позволяет принимать обоснованные на данных решения, предсказывать поведение потребителей и угадывать их предпочтения. Методы предлагаются применить для анализа поведения абитуриентов высших учебных заведений. На основе гипотетического массива данных, проведен анализ и сделан вывод о применимости методов Data Science для указанных целей.

Ключевые слова: маркетинг, наука о данных, большие данные, потребительское поведение

Потребительское поведение и его понимание является одним из ключевых аспектов маркетинга любого предприятия или организации. В современном динамичном и конкурентном мире большое влияние на анализ поведения потребителей оказывает развитие Big Data (англ. большие данные) и Data Science (англ. наука о данных) [1–3].

В то время как классические статические методы анализа, основанные на теории вероятностей и статистке, позволяют обрабатывать относительно малые объемы данных, наука о данных ограничивается лишь доступными вычислительными мощностями. Применение методов машинного обучения, таких как кластеризация, классификация, ассоциативный анализ и регрессия, позволяет принимать решения, основанные на данных, значительно увеличивающие конкурентоспособность предоставляемой услуги или продукции [2–4].

Мы предлагаем применение современных методов науки о данных в анализе поведения потребителей, а также возможность внедрения этих методов для анализа поведения абитуриентов высших учебных заведений.

В цифровой клиентоориентированной экономике исследование поведения и предпочтений потребителей является ключом к успешному маркетингу. Однако количество информации необходимой для качественного анализа с каждым годом становится все больше, поэтому применяются специальные методы сбора и обработки данных для создания огромных структурированных массивов информации, которые и называются большими данными [1–4].

К основным инструментам науки о данных относятся:

- кластеризация — метод анализа, относящий к видам машинного обучения без учителя, обрабатывающий массив без каких-либо меток, разделяющий данные на группы по похожим признакам;
- классификация — метод, выполняющий ту же задачу, что и кластеризация, однако признаки для группировки данных задаются заранее;

– регрессионный анализ — выявление зависимости изучаемой переменной от определенных факторов;

– ассоциативный анализ — методика обнаружения зависимостей и паттернов в данных.

Эти методы не являются единственными, однако именно они наиболее часто применяются в маркетинге для анализа массивов данных [3–6].

Рассматривая вузы, как организации предоставляющие услуги образования, а старшеклассников, выпускников школ и заведений среднеспециального и профессионального образования, как их потенциальных клиентов, можно рассуждать о применении методов науки о данных, используемых в маркетинге для анализа поведения абитуриентов.

Каждая организация, предоставляющая услуги высшего образования, стремится привлечь как можно больше новых студентов. Для этого создаются и обновляются сайты, проводятся ярмарки, дни открытых дверей, курсы довузовской подготовки, организовывается сотрудничество с образовательными организациями младших уровней и с предприятиями-работодателями и другие мероприятия. Количество данных, которое в результате можно собрать, и будет анализируемым массивом больших данных.

Такой массив может включать в себя возраст, пол, класс, профиль образовательного учреждения или класса, время посещения страниц кафедр на сайте и их стендов на дне открытых дверей, предполагаемую дату поступления, учет различных личных достижений и множество другой информации. Чем разнообразнее и обширнее будет массив, тем больше спектр принимаемых решений, основанных на данных.

Рассмотрим пример кластеризации на сгенерированном массиве данных. Предположим, что на день открытых дверей КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана привезли 500 школьников из ближайшей школы с условием, что они проведут там от 30 до 120 минут, их средняя оценка выше тройки, а также все они учащиеся 7–11 классов в возрасте от 14 до 18 лет. В конце посещения они честно ответили на три вопроса: сколько времени они провели на мероприятии в целом, сколько из этого они потратили у стендов машиностроительных кафедр (МК) и сколько у стендов кафедр информатики и управления (ИУК), время измеряется в минутах.

Проведен эксперимент на основе гипотетического массива данных, который был обработан методом кластеризации с целью автоматического выделения трех групп школьников. Важно отметить, что данные группы (кластеры) не задаются заранее — их количество и признаки для группировки определяются моделью машинного обучения самостоятельно на основе выявленных закономерностей в данных. По результатам кластеризации получен график, где по осям представлены время, проведенное школьниками на дне открытых дверей, и время, затраченное у стендов машиностроительных кафедр. Визуализация позволяет наглядно интерпретировать распределение интересов среди потенциальных абитуриентов. Подобным образом возможно произвести визуализацию по общему времени и средней оценке, по общему времени и времени, проведенному у стендов ИУК. Даже на таком небольшом

срезе данных можно провести множество различных анализов, а не только кластеризацию, предоставляющих различную информацию о поведении потенциальных абитуриентов.

Наука о данных является неотъемлемой частью современного маркетинга, так как преимущества, получаемые при ее использовании, дают возможность принимать серьезные, обоснованные на данных решения. Указанные методы позволяют быстрее, точнее и гибче реагировать на изменения в поведении потребителей, а также лучше понимать их предпочтения.

Эти методы применимы и для анализа поведения абитуриентов. Полученная информация, поможет лучше понимать текущие тенденции и направление интересов будущих студентов, а также адаптировать текущие образовательные программы, теряющие свою популярность. Следует подчеркнуть, что для внедрения применения науки о данных, потребуются разработать методы сбора и хранения информации, а также ее защиты.

Список источников

- [1] Лежнева В.Е., Шушунова Т.Н. Анализ основных приложений data science в цифровой экосистеме маркетинга. *Успехи в химии и химической технологии*, 2021, № 11(246), с. 108–110.
- [2] Брагина М.Л. Потребительское поведение с точки зрения экономической социологии и динамика потребительского поведения россиян. *Аллея науки*, 2017, № 5, с. 198–201.
- [3] Petruchena I.V. Modification of consumer behavior patterns in the digital economy. *Components of scientific and technological progress*, 2020, no. 2(44), pp. 34–38.
- [4] Драгуленко В.В., Золкин А.Л., Гиршевич О.Л., Соловьев И.В. Анализ потребительского поведения в цифровой экономике с использованием технологий больших данных. *Инновационная экономика: информация, аналитика, прогнозы*, 2024, № 4, с. 206–212.
- [5] Li Jing et al. A Machine Learning Based Method for Customer Behavior Prediction. *Tehnički vjesnik*, 2019, no. 26, pp. 1670–1676.
- [6] Quynh T.D., Dung H.T.T. Prediction of customer behavior using machine learning: A case study. *Proceedings of the 2nd International Conference on Human-centered Artificial Intelligence*. URL: <https://ceur-ws.org/Vol-3026/paper18.pdf> (accessed 22.10.2025).

Usage of Data Science methods in modern marketing and their application for analysis of university applicants' behavior

Paramonov Lev Arturovich

paramonovlev@mail.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

Data science methods for application in modern marketing were studied, which aligns with the current realities of digitalization and the constant growth of information volume. The application of these methods enables data-driven decision-making, predicting consumer behavior, and anticipating their preferences. These methods are proposed for analyzing the behavior of university applicants. Based on a hypothetical dataset, an analysis was conducted, and a conclusion was made about the applicability of data science methods for the specified purposes.

Keywords: marketing, data science, big data, consumer behavior

УДК 658.511

Роль инновационных технологий в обеспечении конкурентных преимуществ предприятий машиностроительной отрасли

Забродская Анастасия Павловна

zap22km061@student.bmstu.ru

Перерва Ольга Леонидовна

pererva@bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Научная статья посвящена актуальной теме применения инновационных технологий на предприятиях машиностроительной отрасли. Обоснованы теоретико-методологические основы эффективности основных направлений инновационных технологий. Определено влияние их внедрения на повышение конкурентоспособности предприятий. Рассмотрена технология лазерной обварки. Описаны экономические и социальные результаты от внедрения данной инновационной технологии на предприятие ПАО «Калужский турбинный завод».

Ключевые слова: инновационные технологии, конкурентные преимущества, лазерная обварка, автоматизация процессов, качество продукции, производительность

В настоящее время применение инновационных технологий в машиностроительной отрасли является ключевым фактором успеха предприятий. Раньше, чтобы предприятие оставалось конкурентоспособным и занимало высокие позиции на рынке ему было достаточно придерживаться традиционных методов производства или использовать лишь один тип инновационной технологии, но в настоящее время этого недостаточно, так как такое предприятие не обеспечит высокого уровня эффективности и будет занимать отстающие позиции на рынке.

Влияние инновационных технологий на конкурентоспособность предприятия зависит от их направления и содержания, представленных в таблице.

Основные направления инноваций и их влияние на конкурентоспособность машиностроительных предприятий

Направление инновации	Содержание технологий	Основные эффекты от внедрения	Влияние на конкурентоспособность
Автоматизация и роботизация процессов	Использование станков с ЧПУ, роботизированных систем	Повышение точности, снижение трудоемкости и человеческого фактора	Рост производительности труда, повышение качества продукции
Аддитивные технологии	Послойное изготовление деталей из металлов и полимеров	Сокращение сроков прототипирования, экономия материалов	Сокращение производственного цикла и затрат на материалы

Окончание таблицы

Направление инновации	Содержание технологии	Основные эффекты от внедрения	Влияние на конкурентоспособность
Реинжиниринг	Оптимизация изготовления изделий с применением 3D-сканирования, цифровых двойников, CAD/CAM-систем	Оптимизация конструкции изделий, устранение избыточных операций	Повышение гибкости производства
Интернет вещей (IoT)	Связывание производственных устройств и системы в единую сеть, для мониторинга и управления в реальном времени	Раннее выявление отклонений, прогнозирование поломок оборудования	Повышение стабильности процессов

Наиболее распространенным направлением инновационных технологий в Калужском регионе является автоматизация производства — комплекс мероприятий, обеспечивающий выполнение большей части ручных операций машинами и механизмами [1]. Данный регион является передовым машиностроительным комплексом в России и демонстрирует успешные примеры того, как инновационные технологии помогают предприятиям укреплять свои позиции на внутреннем и внешних рынках. Данная тенденция наиболее наглядно проявляется на примере ведущих предприятий региона.

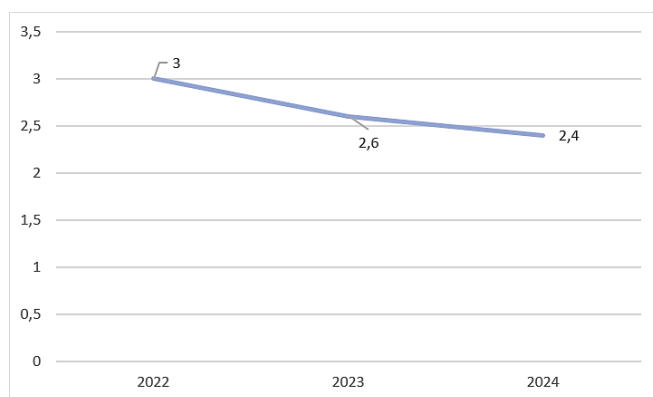
Калужский турбинный завод — одно из лидирующих предприятий России в области энергетического машиностроения, в рамках осуществления стратегии перевооружения и модернизации производства 2022–2025 гг., стало активно внедрять инновационные решения [2]. Одним из ключевых направлений модернизации на предприятии стало применение высокотехнологичных методов сварки, а конкретно — лазерной обварки.

Лазерная обварка — это технология, которая соединяет металлы методом плавления с помощью лазерного луча [3]. Данная технология позволяет соединять тонкие и хрупкие детали или металлы с разной степенью плавления, что невозможно сделать с помощью традиционных методов сварки. На данный момент лазерная обварка используется на предприятии для сваривания трубок теплообменного оборудования, которое используется в системах охлаждения производимых турбин.

Внедрение лазерной обварки на ПАО «КТЗ» было обусловлено необходимостью повышения точности, плотности и однородности шва при обработке деталей для сокращения производственных затрат. Новая технология заменила традиционные методы дуговой сварки, которые характеризуются

высоким процентом получения дефектов и затратами на последующую обработку шва.

По результатам внедрения представленной инновационной технологии на предприятие было выявлено сокращение времени выполняемых операций на 20–25 %, это связано с высокой мощностью лазера, скоростью его перемещения и маленьким диаметром луча, что обеспечивает более высокую плотность энергии. Благодаря высокой точности и чистоте шва сократились операции по зачистке и финишной обработке шва. Также снизились затраты на сварку за счет экономии на флюсах и электродах, которые используются в традиционных методах. Кроме того, после внедрения существенно сократилось количество брака, динамика которого представлена на рисунке.



Динамика снижения дефектности сварных соединений на предприятии ПАО «КТЗ» после внедрения технологии лазерной обварки

В совокупности все перечисленные факторы позволили снизить затраты на сварку трубок теплообменного оборудования на 19–25 % по сравнению с традиционными методами.

Также применения лазерной обварки повышает экологичность процесса производства. В отличие от других методов, которые используют газы или химические соединения, лазер работает на основе световой энергии и не выделяет вредных веществ, тем самым улучшая условия труда рабочих предприятия.

Таким образом, применение инновационных технологий является необходимым условием обеспечения конкурентоспособности предприятий. Их внедрение может предоставлять такие конкурентные преимущества как:

- высокое качество продукции;
- высокая производительность;
- низкие производственные затраты;
- гибкость производства;
- экологичность.

Рассмотренный пример внедрения инновационной технологии лазерной обварки не только оптимизирует производственные процессы и снижает издержки, но и повышает качество выпускаемой продукции, делая предприятие более конкурентоспособным на рынке и подтверждает, что активное внедрение инноваций является ключевым фактором для достижения долгосрочного успеха и устойчивого развития предприятий в современной машиностроительной отрасли.

Список источников

- [1] Шайымов С.С., Сарыев Н.Г., Сатлыков К.Ч. Автоматизация производства. *Международный научный журнал «Инновационная наука»*, 2024, № 4-1, с. 76–78.
- [2] *Годовая отчетность ПАО «КТЗ»*. URL: <https://paoktz.ru> (дата обращения 22.10.2025).
- [3] *Лазерная сварка металла: принцип работы лазерной сварки*. URL: <https://lasercut.ru/blog> (дата обращения 22.10.2025).

The role of innovative technologies in ensuring the competitive advantages of enterprises in the engineering industry

Zabrodsкая Anastasia Pavlovna

zap22km061@student.bmstu.ru

Pererva Olga Leonidovna

pererva@bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

The scientific article is devoted to the topical issue of the application of innovative technologies in the machine-building industry. The article substantiates the theoretical and methodological foundations of the effectiveness of the main directions of innovative technologies. The impact of their implementation on increasing the competitiveness of enterprises is determined. The technology of laser welding is considered. The economic and social results of the introduction of this innovative technology at the Kaluga Turbine Plant PJSC are described.

Keywords: *innovative technologies, competitive advantages, laser welding, process automation, product quality, productivity*

УДК 004.896

Роль цифровых двойников и искусственного интеллекта в ускорении инновационного цикла от проектирования до испытаний

Перерва Ольга Леонидовна

pererva@bmstu.ru

Шутка Сергей Сергеевич

shss22km187@student.bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

В современной высокотехнологичной промышленности цифровые двойники становятся решающим фактором инновационного развития. Их интеграция с искусственным интеллектом не только оптимизирует процессы проектирования и испытаний, но и открывает новые возможности для ускорения вывода продукции на рынок. Синергия технологий стимулирует инновации, повышает точность прогнозирования и эффективность производственных циклов, трансформируя традиционные подходы к разработке и обеспечивая конкурентоспособность предприятий в условиях быстро меняющегося рынка.

Ключевые слова: цифровой двойник, искусственный интеллект, проектирование, виртуальные испытания

Современные высокотехнологичные предприятия функционируют в условиях чрезвычайно высокой конкуренции, где ключевым фактором успеха становится скорость и эффективность инновационного цикла. Традиционные подходы к проектированию и испытаниям, связанные с созданием многочисленных физических прототипов и натурных экспериментов, становятся экономически нецелесообразными и не позволяют оперативно реагировать на вызовы рынка [1]. На этом фоне трансформационный потенциал для промышленности заключается в симбиозе двух технологий: цифровых двойников и искусственного интеллекта. Цифровой двойник представляет собой не просто статичную 3D-модель, а динамическую виртуальную копию физического объекта, процесса или системы, которая постоянно синхронизируется с ним посредством данных с датчиков IoT [2]. В свою очередь, искусственный интеллект, в частности машинное обучение, наделяет эти модели способностью к анализу, самообучению и прогнозированию [3]. Внедрение цифровых двойников выделяется в качестве одного из ключевых ИТ-трендов в России, особенно для автоматизации, предиктивной аналитики и тестирования новых решений [4]. Данная работа рассматривает механизмы синергетического взаимодействия цифровых двойников и искусственного интеллекта для радикального ускорения стадий проектирования, испытаний и внедрения новой продукции.

Успешная реализация проекта по созданию цифрового двойника требует выбора адекватной методологии построения модели. В научной и отраслевой практике выделяют три основных подхода. Метод «белого ящика» основыва-

ется на фундаментальных знаниях о технологическом процессе и точных физико-математических законах. Этот подход обеспечивает максимальную точность и глубокое понимание работы объекта, но требует значительных вычислительных ресурсов и высокой квалификации инженеров. В противоположность ему, метод «черного ящика» полностью полагается на анализ исторических данных, собранных с промышленных датчиков, с использованием алгоритмов машинного обучения для выявления скрытых закономерностей и построения прогностических моделей. Его ключевое преимущество — относительная скорость разработки, однако он критически зависим от объема и качества исходных данных. Наиболее перспективным является гибридный метод, который комбинирует преимущества первых двух: часть процессов моделируется с помощью физических формул, а для остальных применяются алгоритмы ИИ, что обеспечивает более высокую общую точность цифрового двойника. Независимо от выбранного метода, процесс разработки проходит несколько этапов: предпроектное обследование и оценка данных, их очистка и валидация, построение и тестирование модели, ее интеграция в производственную среду и обучение персонала. Архитектурно зрелый цифровой двойник состоит из трех ключевых компонентов: «мастер-модели» (идеальная проектная версия системы), «цифровой тени» (данные о реальном состоянии объекта) и «интеллектуальной связки» между ними, которая обеспечивает постоянную синхронизацию и анализ отклонений, формируя цикл непрерывного улучшения [1]. Однако сама по себе сложная модель без способности к автономному анализу и прогнозированию имеет ограниченную ценность. Для раскрытия полного потенциала цифрового двойника требуется его интеграция с инструментами искусственного интеллекта, что превращает его из сложного, но статичного описания объекта в активный инструмент управления.

Интеграция искусственного интеллекта является тем катализатором, который превращает цифровые двойники из сложных, но статичных моделей в активные инструменты принятия решений. В промышленных компаниях сегодня используют два основных типа нейросетей, функционал которых встраивается в двойники: инженерные и корпоративные [3]. Задача первых — работа со сложными данными и решение прикладных задач, таких как геофизическое исследование скважин или выбор оптимальной системы разработки месторождения. Вторые ориентированы на внутренние процессы: финансы, маркетинг, управление персоналом. Благодаря способности ИИ к обучению и поиску закономерностей, ускользающих от внимания человека, цифровые двойники получают возможность не только отражать текущее состояние объекта, но и предсказывать его будущее поведение. В горнодобывающей промышленности цифровой двойник мельницы измельчения, снабженный алгоритмами машинного обучения, может использовать объективные данные о процессах, происходящих внутри самого оборудования. Это позволяет предпринимать необходимые управляющие воздействия заблаговременно — изменять загрузку мельницы и частоту ее вращения в ответ на изменение

твердости поступающей руды, что предотвращает снижение производительности или неоправданный рост энергопотребления всего технологического цикла. Таким образом, ИИ наделяет двойники способностью к проактивной оптимизации, а не просто реактивному отклику на изменения. Преимущества такого симбиоза технологий уже находят конкретное воплощение в реальных промышленных сценариях, демонстрируя измеримую эффективность.

Практическое применение связки цифровых двойников и искусственного интеллекта уже демонстрирует впечатляющие результаты в различных отраслях российской промышленности. Ярким примером является нефтегазовый сектор. В «Газпром нефти» используется несколько сотен цифровых двойников, которые охватывают всю технологическую цепочку — от разведки месторождения до сбыта готовой продукции. В горнодобывающей отрасли, как уже упоминалось, цифровые двойники позволяют оптимизировать работу обогатительного оборудования, добиваясь незначительного в процентном выражении, но существенного в денежном эквиваленте повышения выработки или снижения износа и энергопотребления [2]. Это особенно актуально в условиях экономического кризиса и сокращения природных запасов, когда требуется извлекать максимум эффективности из существующих мощностей без капитальной реконструкции. Даже увеличение производительности на несколько процентов означает для эксплуатанта очень значительные суммы, которые за считанные месяцы перекрывают все риски и издержки, связанные с внедрением инновационного решения [3]. Несмотря на демонстрируемые успехи, путь массового внедрения этих технологий сопряжен с рядом системных трудностей, которые необходимо учитывать.

Несмотря на впечатляющий потенциал, широкомасштабное внедрение связки цифровых двойников и ИИ сопряжено с рядом серьезных вызовов, которые требуют комплексного решения. Одной из наиболее значимых проблем является сложность интеграции новых технологических решений с унаследованными системами предприятия, такими как АСУ ТП и MES [1]. Не менее остро стоит вопрос управления данными. Обе технологии порождают и потребляют огромные объемы информации, и эффективный сбор, хранение, обеспечение целостности и приватности этих данных становятся критически важными задачами. Существенным барьером, особенно для небольших организаций, могут стать высокие первоначальные затраты на развертывание инфраструктуры цифровых двойников, включая вычислительные ресурсы, датчики и программное обеспечение [3]. Проблема кибербезопасности также выходит на первый план, поскольку скомпрометированный цифровой двойник может предоставить злоумышленникам детальную «дорожную карту» для атаки на физическую систему. Помимо технических аспектов, остро ощущается дефицит квалифицированных кадров, обладающих компетенциями на стыке искусственного интеллекта, науки о данных, конкретной предметной области и управления производственными процессами. Для успешной реализации проекта необходима кросс-функциональная команда, состоящая не только из специалистов одной области, а из инженеров-

технологов, IT-специалистов и аналитиков данных, способных коллективно решать смежные вопросы [1].

Синергия цифровых двойников и искусственного интеллекта существенно ускоряет инновационный цикл высокотехнологичных предприятий. Интеграция этих технологий обеспечивает переход от реактивного управления к проактивному прогнозированию, сокращает сроки вывода продукции и снижает затраты. Ключевыми препятствиями для внедрения остаются проблемы интеграции с унаследованными системами, управления данными, кибербезопасности и дефицит квалифицированных кадров. Перспективные направления исследований включают разработку гибридных моделей, обеспечение доверия к AI-системам и анализ экономической эффективности внедрения в различных отраслях промышленности.

Список источников

- [1] *Востребованы ли цифровые двойники в Российской промышленности: что стоит учесть при внедрении?* URL: <https://integral-russia.ru/2025/07/27/vostrebovany-li-tsifrovye-dvojniki-v-rossijskoj-promyshlennosti-cto-stoit-uchest-pri-vnedrenii/> (дата обращения 24.10.2025).
- [2] *Как устроены цифровые двойники: этапы разработки и примеры использования.* URL: <https://softline.ru/news/cifrovye-dvojniki-jetapy-razrabotki-i-primery-ispolzovaniya> (дата обращения 25.10.2025).
- [3] *«Прокачать» индустрию: как искусственный интеллект и цифровые двойники меняют энергетику.* URL: <https://e-plus.media/technologies/prokachat-industriyu-kak-iskusstvennyj-intellekt-i-cifrovye-dvojniki-menyayut-energetiku/> (дата обращения 25.10.2025).
- [4] *10 ключевых IT-трендов в России на 2025 год.* URL: <https://triafly.ru/blog-10-key-it-trends> (дата обращения 23.10.2025).

Digital twins and artificial intelligence accelerate the innovation cycle from design to testing

Pererva Olga Leonidovna

pererva@bmstu.ru

Shutka Sergey Sergeevich

shss22km187@student.bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

In modern high-tech industries, digital twins are becoming a crucial factor in innovation. Their integration with artificial intelligence not only optimizes design and testing processes, but also opens up new opportunities for accelerating product launch. The synergy of technologies stimulates innovation, increases the accuracy of forecasting and the efficiency of production cycles, transforming traditional approaches to development and ensuring the competitiveness of enterprises in a rapidly changing market.

Keywords: digital twin, artificial intelligence, design, virtual testing

УДК 004.8:330.3

Искусственный интеллект как ключевой актив: экономическая ценность и векторы инвестирования

Перерва Ольга Леонидовна

pererva@bmstu.ru

Лупачев Савелий Константинович

lupachevsk@student.bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Рассмотрено формирование искусственного интеллекта (ИИ) как стратегического нематериального актива современной экономики. Показано, что ИИ становится не только технологическим инструментом, но и самостоятельным объектом инвестирования, определяющим конкурентоспособность компаний и государств. Представлены направления экономической оценки ИИ-решений, проанализированы модели инвестирования в инфраструктуру данных, вычислительные мощности и алгоритмические платформы. Сделан вывод о необходимости формирования национальной системы управления интеллектуальными активами и разработке стандартов их стоимостной оценки.

Ключевые слова: искусственный интеллект, цифровая экономика, инвестиции, интеллектуальные активы, инновации

В современной экономической парадигме, характеризуемой переходом к цифровым моделям хозяйствования, искусственный интеллект (ИИ) утвердился в качестве стратегического актива, определяющего конкурентоспособность на микро- и макроуровне. Если в начале 2010-х годов он воспринимался преимущественно как инструмент для автоматизации рутинных операций, то к 2020-м годам ИИ эволюционировал в самостоятельный фактор производства и источник экономического роста. Согласно исследованиям Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики», доля российских компаний, внедривших ИИ-решения в ключевые бизнес-процессы, выросла более чем втрое за период с 2015 по 2023 год [1]. Этот качественный сдвиг свидетельствует о том, что ИИ перестал быть просто технологией и трансформировался в актив, обладающий измеримой стоимостью и формирующий новые инвестиционные потоки.

Современная экономика знаний характеризуется устойчивым ростом доли нематериальных активов (НМА) в структуре капитализации ведущих компаний. К ним традиционно относят патенты, программное обеспечение, базы данных, бренды и ноу-хау. Как отмечает профессор А.В. Бузгалин, эти элементы составляют интеллектуальный капитал, который становится основным генератором добавленной стоимости в постиндустриальном обществе. ИИ-решения органично встраиваются в эту систему, представляя собой комплексный актив, который включает несколько взаимосвязанных компонентов: уникальные массивы данных (как структурированные, так и неструктурированные), архитектуры алгоритмов и моделей машинного обучения,

а также специализированную вычислительную инфраструктуру для их тренировки и эксплуатации. Именно синергия этих компонентов позволяет рассматривать ИИ как капитальный актив, способный генерировать будущие экономические выгоды.

Ключевой особенностью ИИ как актива является его свойство кумулятивной отдачи (эффект возрастающей отдачи). В отличие от традиционных материальных активов, которые подвержены физическому и моральному износу, ценность ИИ-моделей, напротив, возрастает по мере увеличения объемов обрабатываемых данных и доступных вычислительных ресурсов. Это свойство порождает ярко выраженный сетевой эффект и эффект масштаба: компании, которые первыми смогли аккумулировать критическую массу данных и вычислительных мощностей, получают самовозрастающее конкурентное преимущество. Как следствие, в глобальном масштабе наблюдается концентрация технологического и финансового капитала в руках ограниченного числа игроков, что формирует новую структуру рынков, близкую к олигополистической [2]. В Российской Федерации данный вызов актуализирует задачу формирования собственных технологических платформ для предотвращения цифровой зависимости.

Экономическая ценность искусственного интеллекта носит многогранный характер и проявляется через несколько ключевых каналов воздействия.

Во-первых, это повышение операционной эффективности. Внедрение ИИ-решений позволяет существенно снижать операционные издержки за счет автоматизации не только физического, но и интеллектуального труда. По оценкам экспертов из Финансового университета при Правительстве РФ, потенциальный эффект от такой автоматизации для российской обрабатывающей промышленности может составлять до 15–20 % от ежегодных затрат [3].

Во-вторых, ИИ радикально ускоряет инновационную продуктивность. Алгоритмы машинного обучения способны анализировать гигантские объемы научной информации, выявлять скрытые закономерности, генерировать новые гипотезы и предлагать оптимальные пути для исследований и разработок (НИОКР). Это сокращает жизненный цикл создания новых продуктов — от концепции до коммерциализации.

В-третьих, использование ИИ напрямую влияет на рыночную капитализацию компаний. Инвесторы все чаще рассматривают наличие развитых компетенций в области искусственного интеллекта как индикатор будущей устойчивости и роста бизнеса.

В-четвертых, на макроуровне ИИ становится фактором национальной конкурентоспособности и технологического суверенитета. Развитие отечественного ИИ способствует росту «цифрового ВВП», создает высокотехнологичные рабочие места и снижает зависимость от иностранных технологий. Согласно прогнозам Центра стратегических разработок, вклад цифровой экономики в ВВП России к 2030 году может достичь 15–20 %, где ИИ будет одним из основных драйверов [4].

Таким образом, экономическая ценность ИИ является комплексной, пронизывая все уровни экономической деятельности — от операционных процессов отдельных предприятий до стратегических позиций государства на мировой арене.

Инвестиции в искусственный интеллект носят системный характер и могут быть структурированы в три взаимосвязанных направления, формирующих целостную экосистему.

Первый вектор: инфраструктурные инвестиции. Без мощной вычислительной базы развитие современных ИИ-моделей невозможно. Сюда относится создание и модернизация дата-центров, развитие отечественных облачных платформ, а также обеспечение доступа к специализированным аппаратным ускорителям, прежде всего GPU-кластерам [4]. Перспективным направлением являются также инвестиции в фундаментальные и прикладные исследования в области квантовых вычислений.

Второй вектор: инвестиции в данные. Данные являются «топливом» для любого ИИ. Этот вектор включает в себя затраты на сбор, структурирование, хранение, очистку и разметку больших данных. Особую важность приобретает формирование легитимных механизмов оборота данных как актива. Это требует развития правового поля, включая законодательство о праве собственности на данные, их деперсонализации и коммерческом использовании [5].

Третий вектор: инвестиции в алгоритмы и человеческий капитал. Это финансирование научно-исследовательских лабораторий (как корпоративных, так и академических), поддержка стартапов в области ИИ, а также масштабная подготовка кадров.

Несмотря на очевидные перспективы, развитие ИИ в России сталкивается с рядом институциональных барьеров и рисков. К ним относятся: правовая неопределенность, этические и социальные вызовы, технологическая зависимость и проблемы оценки.

Для преодоления этих барьеров необходима консолидированная работа государства и бизнеса. Ключевыми мерами должны стать: разработка комплексного федерального законодательства, регулирующего создание и применение ИИ; создание национальных стандартов оценки ИИ-активов по аналогии со стандартами для патентов и брендов; стимулирование венчурного инвестирования через создание фондов с государственным участием; развитие частно-государственного партнерства в реализации крупных пилотных проектов в приоритетных отраслях, таких как здравоохранение, транспорт и сельское хозяйство [6]. Искусственный интеллект утвердился в качестве ключевого нематериального актива цифровой экономики XXI века.

Дальнейшее успешное развитие данного направления в Российской Федерации невозможно без целенаправленной государственной политики, нацеленной на формирование благоприятных правовых, финансовых и образовательных условий.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- [1] Агамирзян И.Р., Гохберг Л.М., Зинина Т.С., Рудник П.Б., ред. *Цифровая трансформация: эффекты и риски в новых условиях*. Москва, ИСИЭЗ ВШЭ, 2024, 156 с.
- [2] Лукьянов К.В. *Цифровая экономика: глобальные тренды и практики российского бизнеса*. Москва, ИНФРА-М, 2022.
- [3] Анализ эффектов автоматизации на предприятиях обрабатывающей промышленности России. *Экономический бюллетень*, 2023, № 4, с. 45–59.
- [4] *Сценарии развития цифровой экономики России до 2030 года*. Москва, ЦСР, 2022.
- [5] Лукьянов К.В., Швецов А.Н. Оценка нематериальных активов цифровой экономики. *Экономический анализ: теория и практика*, 2022, № 12, с. 34–47.
- [6] *Стратегия развития искусственного интеллекта в Российской Федерации на период до 2030 года (утверждена Указом Президента РФ № 490 от 10 октября 2019 г.)*. URL: <https://static.kremlin.ru/media/events/files/ru/AH4x6HgKWANwVtMOFPDhcbRpvd1HCCsv.pdf> (дата обращения 06.11.2025).

Artificial intelligence as a key asset: economic value and investment vectors

Pererva Olga Leonidovna

peperva@bmstu.ru

Lupachev Saveliy Konstantinovich

lupachevsk@student.bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

The paper examines the formation of artificial intelligence (AI) as a strategic intangible asset in the modern economy. It is shown that AI is becoming not only a technological tool but also an independent investment object determining the competitiveness of companies and nations. The paper presents approaches to the economic assessment of AI solutions and analyzes investment models in data infrastructure, computational resources, and algorithmic platforms. It concludes that there is a need to develop a national system for managing intellectual assets and establishing standards for their value assessment.

Keywords: *artificial intelligence, digital economy, investment, intellectual assets, innovation*

УДК 001.895

Влияние инновационной деятельности на качество жизни населения: социально-экономический подход

Перерва Ольга Леонидовна
Бушуев Дмитрий Алексеевич

pererva@bmstu.ru
bushuevdal@student.bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Инновации оказывают значительное влияние на качество жизни населения с точки зрения социально-экономического подхода. Они способны преобразовывать различные аспекты повседневного существования. Рассмотрено положительное и отрицательное влияние инновационной деятельности на качество жизни населения в России. Инновации играют ключевую роль в развитии общества, предлагая значительные преимущества, такие как экономический рост, улучшение качества жизни и устойчивое развитие. Чтобы инновации приносили максимальную пользу обществу и минимизировали негативные последствия важно находить баланс между их преимуществами и недостатками.

Ключевые слова: экономика, инновация, государство, развитие, качество жизни, эффективность

Современные технологические достижения фундаментально меняют настоящую действительность и проектируют будущее. Они предлагают механизмы преодоления вызовов, ранее признававшихся непреодолимыми. Следует учитывать, что возникновение инноваций возможно исключительно в рамках поддерживающей экосистемы, предусматривающей капиталовложения, научные изыскания и координированную поддержку со стороны общества и власти.

Активизация хозяйственного роста происходит посредством инновационных инструментов, формирующих перспективные рыночные сегменты и расширяющих операционные возможности бизнеса. Целесообразно принимать во внимание, что разработка новых товарных предложений и сервисов стимулирует занятость, снижая уровень безработицы и укрепляя общественное благополучие. Становление цифровых решений и сетевых технологий создало основу для зарождения современных экономических направлений, в том числе сферы информационных технологий и электронной торговли, показывающих в настоящее время наиболее интенсивные темпы развития.

Одновременно инновации способствуют оптимизации эффективности трудовой деятельности. Внедрение автоматизированных решений и роботизированных комплексов позволяет компаниям наращивать производственные объемы при сокращении расходов. Это не только улучшает финансовые результаты предприятий, но и повышает доступность потребительских предложений. Автоматизация складской деятельности обеспечивает ускоренную и качественную обработку заказов, совершенствуя клиентский сервис [1].

В области здравоохранения, транспортного сообщения и бытового обслуживания инновационные подходы непосредственно воздействуют на стандарты проживания. Достижения медицинской практики создают лечебные перспективы для заболеваний, ранее считавшихся неизлечимыми, а совершенствование транспортных решений повышает удобство и надежность передвижения [2].

Системы «интеллектуального здания» и сетевые технологии существенно улучшают условия проживания и гарантируют индивидуальную защищенность. Умные приборы, включая климатическое оборудование, осветительные устройства и охранные системы, позволяют осуществлять удаленное управление через мобильные приложения, способствуя энергоэффективности и повышению безопасности.

Технологические преобразования вносят весомый вклад в решение природоохранных задач. Развертывание объектов зеленой энергетики, включая солнечные и ветроэлектростанции, уменьшает зависимость от традиционных энергоносителей и сокращает объемы вредных выбросов. Это формирует условия для сбалансированного развития и сохранения экологического потенциала для последующих поколений.

Совершенствование подходов к утилизации отходов и методов ресурсного менеджмента непосредственно уменьшает объемы захоронения мусора и улучшает экологическую обстановку.

Технологическая эволюция может обострять социальное расслоение, поскольку неравномерная доступность передовых разработок создает дополнительные препятствия для незащищенных категорий населения. Завышенная стоимость современных лекарственных средств и технических устройств может ограничивать их доступность для малоимущих слоев, усиливая общественное неравенство.

Цифровой разрыв приобретает растущую актуальность и требует объединения усилий для его преодоления. Сложившиеся обстоятельства вызывают структурные перекосы в обеспечении базовыми ресурсами развития — знаниями, качественным обучением и перспективами карьерного роста. Наиболее отчетливо это проявляется в развивающихся странах, где ограниченный доступ к сетевым технологиям создает преграды для участия в мировых экономических процессах [3].

Необходимо признать, что инновации параллельно формируют рабочие места в новых сферах. Основная сложность заключается в недостаточной мобильности работников, высвобождаемых в ходе автоматизации, что требует вложений в образовательные проекты и профессиональную переориентацию [4].

Технологическое развитие порождает сложные морально-правовые проблемы. Развитие биотехнологий актуализирует дискуссии о границах вмешательства в человеческий организм, а распространение компьютерных систем обостряет вопросы защиты личной информации.

Применение систем искусственного интеллекта в банковской и кадровой сферах может приводить к предвзятым решениям при недостаточном контро-

ле. Подобные обстоятельства требуют разработки специализированных правовых механизмов и отраслевых регламентов.

Цифровые решения радикально преобразовали формы коммуникации, профессиональной реализации и доступа к данным. Они сделали реальной удаленную занятость, онлайн-обучение и электронную торговлю.

Современные медицинские технологии, включая генетические инструменты и автоматизированные хирургические системы, открывают возможности для лечения сложных заболеваний. Телемедицинские сервисы обеспечивают удаленные консультации и медицинское наблюдение, что особенно важно для населения территорий с ограниченной медицинской инфраструктурой [5].

Проведенное исследование демонстрирует двойственную природу технологического развития. С одной стороны, оно служит двигателем социально-экономического прогресса, обеспечивая хозяйственный рост, улучшение жизненных условий и переход к сбалансированной модели развития. С другой — инновационная активность создает системные challenges, выражающиеся в углублении социального неравенства и модификации структуры занятости.

Ключевой целью становится выработка взвешенной стратегии, усиливающей положительные результаты технологической модернизации при снижении социальных издержек. Достижение этой задачи предполагает формирование инклюзивных условий для внедрения новшеств, включая капиталовложения в образовательные программы и создание адекватных правовых инструментов.

Список литературы

- [1] Иванов И.В. Влияние инновационных технологий на качество жизни населения. *Экономические исследования*, 2021, № 1, с. 25–30.
- [2] Смирнова А.П., Ковалев Д.С. Социально-экономические аспекты внедрения инновационных решений в городском развитии. *Журнал городских исследований*, 2022, вып. 4, с. 50–56.
- [3] Федорова Н.А. Инновационная экономика и качество жизни: современный анализ состояния. *Вестник экономики*, 2020, № 3(7), с. 90–95.
- [4] Петрова Л.В. Влияние инновационных процессов на социальное благосостояние населения. *Научные труды Института социальных исследований*, 2019, вып. 10, с. 201–207.
- [5] Орлова Е.А. Инновации и качество жизни: новый взгляд на социально-экономическое развитие. *Проблемы управления и инновационного развития*, 2023, № 5, с. 44–50.

The impact of innovation on the quality of life of the population: socio-economic approach

Pererva Olga Leonidovna

pererva@bmstu.ru

Bushuev Dmitry Alekseevich

bushuevdal@student.bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

Innovations have a significant impact on the quality of life of the population from the point of view of the socio-economic approach. They are capable of transforming various aspects of everyday existence. This paper examines the positive and negative impact of innovation on the quality of life of the population in Russia. Innovations play a key role in the development of society, offering significant benefits such as economic growth, improved quality of life, and sustainable development. However, they also carry risks and challenges, including social inequality, job losses, and ethical issues. In order for innovations to bring maximum benefit to society and minimize negative consequences, it is important to find a balance between their advantages and disadvantages.

Keywords: economy, innovation, state, development, quality of life, efficiency

УДК 331.101

Пути совершенствования системы оплаты труда на наукоемких предприятиях Российской Федерации

Перерва Ольга Леонидовна
Васильева Карина Алексеевна

pererva@bmstu.ru
vasilevaka@student.bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Рассмотрены вопросы совершенствования системы оплаты труда на наукоемких предприятиях Российской Федерации. Проанализирована динамика средней заработной платы в ключевых направлениях наукоемкого сектора за период 2020–2024 гг. Выделены проблемы действующей системы вознаграждения. Предложен комплекс мер по совершенствованию системы оплаты труда, включающий введение KPI, увеличение переменной части, повышение окладов, а также пересмотр нормативов с учетом специфики интеллектуального труда и цифровизации учета. Сделан вывод по внедрению этих мер на наукоемкое предприятие.

Ключевые слова: наукоемкое предприятие, оплата труда, система оплаты труда, стимулирующие выплаты, нормирование труда, мотивация персонала, заработная плата

В современной экономике для выживания в конкурентной борьбе и укрепления своих рыночных позиций, каждое предприятие должно осуществлять постоянный поиск резервов повышения эффективности своей деятельности.

Наукоемкое предприятие представляет собой организацию, в деятельности которой решающую роль играет использование научных знаний, инновационных технологий и интеллектуального потенциала работников [1].

Главной характеристикой наукоемкого предприятия является высокая доля затрат на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (НИОКР) в общей себестоимости выпускаемой продукции или оказываемых услуг. В мировой и российской практике принято считать предприятие наукоемким, если расходы на НИОКР превышают 3–5 % от объема выручки. Однако для многих отечественных организаций научно-технической сферы этот показатель значительно выше и может достигать 15–20 %.

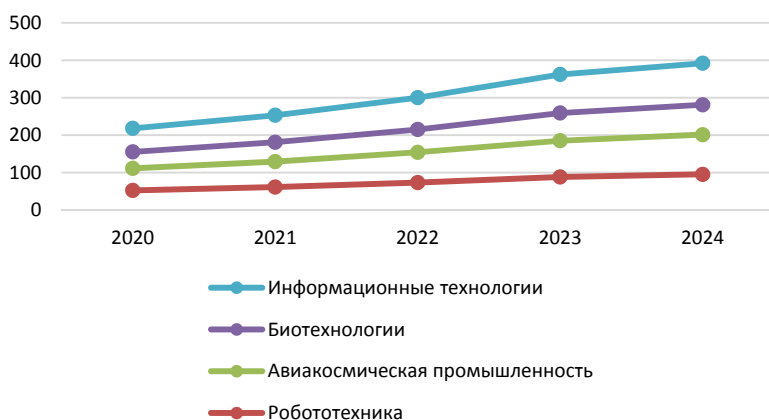
Система оплаты труда представляет собой совокупность организационно-экономических механизмов, направленных на установление, регулирование и реализацию зависимости между количеством, качеством и результатами труда работников и их денежным вознаграждением [2]. По своей сути она является важнейшим элементом управления персоналом, обеспечивая взаимосвязь интересов работников и работодателя, а также формируя мотивацию к эффективному и продуктивному труду.

Современная структура наукоемкого предприятия Российской Федерации включает в себя ряд ключевых направлений — информационные технологии, авиакосмическую промышленность, робототехнику, биотехнологии

и микроэлектронику. Эти отрасли характеризуются высокой степенью инновационности и концентрацией научно-технических кадров, что делает вопрос организации оплаты труда в них особенно актуальным.

Динамика средней заработной платы в данных сферах отражает как общее развитие экономики знаний, так и особенности государственной поддержки инновационных производств.

Рассмотрим динамику средней заработной платы на наукоемких предприятиях Российской Федерации на период 2020–2024 гг., представленные на рисунке.



Динамика средней заработной платы на наукоемких предприятиях Российской Федерации на период 2020–2024 гг.

На рисунке видно, что динамика заработной платы в различных направлениях наукоемкого предприятия показывает устойчивый рост доходов работников на период 2020–2024 гг. Наиболее высокие значения наблюдаются в сфере информационных технологий и авиакосмической промышленности, что обусловлено их стратегическим значением, высоким уровнем частных и государственных инвестиций, а также активной коммерциализацией разработок.

Сфера робототехники демонстрирует динамичное увеличение оплаты труда, особенно в последние годы, что связано с развитием промышленной автоматизации и внедрением цифровых производственных технологий. В то же время направление, связанное с биотехнологиями, несмотря на положительную тенденцию, сохраняет сравнительно низкий уровень заработной платы из-за высокой себестоимости исследований и длительного периода окупаемости инноваций.

Итак, можно сделать вывод, что рисунок отражает неравномерность материального стимулирования наукоемких предприятий и подтверждают необходимость совершенствования систем оплаты труда, направленных

на обеспечение сбалансированного развития всех направлений высокотехнологичной экономики России.

Для повышения результативности и конкурентоспособности таких организаций целесообразно реализовать комплекс мер, направленных на совершенствование действующей системы вознаграждения сотрудников, представленные в таблице. Источник: составлено автором на основе [3–6].

Пути совершенствования системы оплаты труда наукоемкого предприятия

Проблема	Предлагаемое решение проблемы	Ожидаемый результат
Недостаточная мотивация сотрудников	Введение КРП и прозрачности системы премирования	Рост производительности труда
Низкая доля стимулирующих выплат	Увеличение переменной части оплаты до 40 %	Повышение вовлеченности работников
Отток квалифицированных кадров	Повышение базовых окладов и внедрение программ карьерного роста	Снижение текучести кадров
Неравномерность оплаты по подразделениям	Введение единых стандартов оценки эффективности	Оптимизация фонда оплаты труда
Слабая заинтересованность молодых специалистов	Установление стартовых надбавок и системы наставничества	Увеличение притока молодых кадров
Устаревшие нормы оплаты труда	Пересмотр нормативов с учетом современных технологий, цифровизации учета трудозатрат и внедрение гибких норм для интеллектуального труда	Более точная оценка вклада специалистов и повышение справедливости оплаты труда

По таблице можно выделить приоритетное направление совершенствования системы оплаты труда наукоемких предприятий. Этому внимания заслуживает проблема устаревших норм труда, характерная для многих российских наукоемких предприятий. Действующие нормативы во многом формировались в условиях традиционного производства и не отражают специфики интеллектуальной, исследовательской и проектной деятельности.

В результате чего происходит занижение реальной трудоемкости инновационных процессов, что снижает справедливость начисления заработной платы и демотивирует сотрудников.

Для того чтобы решить данную проблему ТК РФ предусматривает возможность пересмотра норм труда. Но для изменения норм должны быть веские основания: изменение техпроцесса, переход на новое оборудование, использование новых организационных мероприятий, которые должны привести к росту производительности труда и т. д. То есть работодатель не может просто так взять и повысить нормы труда. А если в компании есть

профсоюзная организация или иной представительный орган работников, то пересмотренные нормы необходимо согласовать и с ним [7, 8].

Об изменении норм труда работников необходимо уведомить не менее чем за 2 месяца до их введения в письменной форме. Но если работник откажется выполнять работу с учетом изменившихся норм (как правило, увеличившихся), его нельзя будет уволить за нарушение трудовой дисциплины.

Дело в том, что обязанности работника, в том числе их объем, являются существенным условием трудового договора [9]. Соответственно, изменение норм труда влечет за собой изменение этого существенного условия. Поэтому в случае отказа сотрудника от работы по новым нормам работодатель обязан предложить ему другую имеющуюся у него работу [10]. Если подходящая вакансия так и не будет найдена, то трудовой договор прекращается по причине отказа работника от продолжения работы из-за изменившихся условий труда.

Реализация этих мер позволит обеспечить более объективную оценку труда, повысить прозрачность и справедливость оплаты, а также стимулировать рост эффективности и инновационной активности персонала.

Список источников

- [1] Берестова Н.Ю. Оплата труда на наукоемком предприятии и особенности понятийного аппарата, применяемого в отношении оплаты труда. *Экономика труда*, 2023, № 5, с. 765–788.
- [2] Жукова Н.А., Бодло Н.И., Горностаева Ж.В. Суть системы оплаты труда на предприятии. *Мировая наука*, 2022, № 11(68), с. 64–69.
- [3] Кувшинова К.Н., Рагозина М.А. Понятие и специфические особенности наукоемких производств. *Научный лидер*, 2021, № 42(44), с. 207–212.
- [4] Пряжников Н.С. *Мотивация и стимулирование трудовой деятельности*. Москва, Изд-во Юрайт, 2025, 365 с.
- [5] Трапицын С.Ю. *Мотивация и стимулирование трудовой деятельности*. Москва, Юрайт, 2025, 362 с.
- [6] *Трудовой кодекс Российской Федерации «Глава 22. Нормирование труда» от 30.12.2001 № 197-ФЗ*. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683/cf919cbb4eb32971a96a65392557dbec9222a5fd/ (дата обращения 11.11.2025).
- [7] *Трудовой кодекс Российской Федерации «Глава 58. Защита трудовых прав и законных интересов работников профессиональными союзами» от 30.12.2001 № 197-ФЗ*. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683/2dd4a53059ae3f0c1f8307bb0ca6b5858c5c8333/ (дата обращения 11.11.2025).
- [8] *Трудовой кодекс Российской Федерации «Глава 10. Общие положения» от 30.12.2001 № 197-ФЗ*. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683/95da3be34289283c30b794110d10649e4cdabe0e/ (дата обращения 11.11.2025).
- [9] *Трудовой кодекс Российской Федерации «Глава 12. Изменение трудового договора» от 30.12.2001 № 197-ФЗ*. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683/eb9d22387f8afd9966c011e2b0f501f68cf2ade8/ (дата обращения 11.11.2025).
- [10] *Трудовой кодекс Российской Федерации «Глава 13. Прекращение трудового договора» от 30.12.2001 № 197-ФЗ*. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683/7f620a454c887c9e40ba27275b7e5827e2fbd1d7/ (дата обращения 11.11.2025).

Ways to improve the wage system at science-intensive enterprises in the Russian Federation

Pererva Olga Leonidovna

pererva@bmstu.ru

Vasilyeva Karina Alekseevna

vasilevaka@student.bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

The article discusses the improvement of the remuneration system at science-intensive enterprises in the Russian Federation. The dynamics of the average salary in key areas of the science-intensive sector for the period 2020-2024 have been analyzed. The problems of the current remuneration system have been highlighted. A set of measures to improve the remuneration system has been proposed, including the introduction of KPI, increasing the variable part, raising salaries, and revising the standards to consider the specifics of intellectual labor and the digitalization of accounting. The article concludes with recommendations for implementing these measures at a science-intensive enterprise.

Keywords: science-intensive enterprise, remuneration, remuneration system, incentive payments, labor rationing, staff motivation, and wages

УДК 658.518.3

Развитие бережливого производства в России

Зверев Георгий Максимович

zverevgm@student.bmstu.ru

Перерва Ольга Леонидовна

pererva@bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Исследована динамика внедрения бережливого производства на российских предприятиях, начавшаяся в 2000-х гг. Основная задача — анализ путей повышения эффективности и сокращения потерь. Принципы бережливого производства, применяемые компаниями, такие как устранение избыточных запасов, оптимизация процессов и снижение брака, привели к положительным результатам. Значительные выгоды отмечены на крупных предприятиях, таких как «РУСАЛ», «ГАЗ» и «КАМАЗ». Вместе с тем, выделены препятствия: недостаточная квалификация сотрудников, сопротивление нововведениям и нехватка финансовой поддержки.

Ключевые слова: бережливое производство, повышение эффективности, снижение потерь, оптимизация, непрерывное улучшение

Внедрение бережливого производства в России активизировалось в начале XXI века и стремительно набирает обороты. Данная концепция направлена на максимальное сокращение издержек и оптимизацию процессов для повышения доходности предприятий и соответствия требованиям клиентов. Сегодня бережливое производство применяется в разных секторах экономики, включая промышленность, транспорт, сферу услуг и госуправление. Бережливое производство — это система управления предприятием, направленная на максимальное удовлетворение потребностей клиентов при минимальных затратах ресурсов. Суть подхода — вся работа на предприятии должна быть направлена на создание ценности для потребителя, а все то, что не создает ее или создает ее избыточно, обязано быть устранено или минимизировано [1, 2].

Работа базируется на сочетании теоретического анализа, синтеза и абстрагирования. Благодаря комплексному подходу удастся изучить особенности внедрения бережливого производства в российских реалиях, выделяя эффективные механизмы и отмечая перспективы развития [3].

Государство играет ведущую роль в поддержке инициатив по внедрению бережливого производства. Специальные программы, финансируемые правительством, обеспечивают распространение инновационных методик среди предприятий [4]. Среди наиболее известных примеров — национальный проект «Производительность труда и поддержка занятости», завершившийся в конце 2024 г. В проекте участвовали более 6 тыс. предприятий, цель которого состояла в формировании современной производственной культуры и поддержке усилий компаний по повышению их конкурентоспособности. Эксперты помогли бизнесу эффективно внедрить инструменты бережливого производства, обеспечить полную загрузку оборудования и оптимизировать

логистику. В результате бережливое производство распространилось не только на промышленные предприятия, но и охватило сферы услуг и государственный сектор. В 2025 г. стартовал новый федеральный проект «Производительность труда», частью национального проекта «Эффективная и конкурентная экономика», который продолжит оказывать поддержку российским компаниям в борьбе с производственными проблемами и обучении сотрудников эффективным методам повышения производительности.

Российская практика демонстрирует активное использование популярных инструментов бережливого производства, таких как организация рабочего пространства (5S), техническое обслуживание оборудования (TPM), быстрая переналадка станков (SMED) и философия непрерывных улучшений (Kaizen). Применение этих техник направлено на минимизацию отходов, ускорение процессов и повышение качества продукции.

Цифровые технологии становятся важным инструментом бережливого производства. Автоматизированные системы сбора и обработки данных помогают эффективно отслеживать состояние производственных процессов и оперативно реагировать на возникающие отклонения. Современные информационные системы, такие как ERP, MES и QMS, облегчают контроль над ресурсами и улучшают качество принимаемых решений [5, 6].

Предприятия демонстрируют впечатляющие результаты внедрения бережливых технологий. Холдинг «РУСАЛ» сократил объем складских запасов на 70 %, снизил процент дефектов и повысил общую производительность на 35 %. Заводы группы «ГАЗ» смогли поднять объемы выпуска на треть и добиться двукратного прироста производительности, одновременно сократив количество технологических ошибок и затраты энергии. Автомобильный гигант «КАМАЗ» добился двукратного повышения производительности на главном сборочном конвейере и уменьшения доли дефектной продукции на половину.

Несмотря на положительный опыт, сохраняются серьезные преграды для полного перехода на бережливые технологии. Одной из главных проблем остается недостаточный уровень профессиональной подготовки сотрудников и нежелание менять привычные схемы работы. Часто возникает нехватка финансовых ресурсов и институциональных условий для внедрения новых технологий. Необходимость формирования устойчивых культур постоянных улучшений и командной работы усложняет этот процесс.

Развертывание бережливого производства в России продолжается, поддерживаемое активной государственной политикой и постепенной адаптацией передовых западных практик. Однако достижение долгосрочных успехов зависит от комплексного подхода, сочетающего современные цифровые технологии, регулярное обучение сотрудников и формирование корпоративных культур постоянного совершенствования.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- [1] Батрашкин В.П., Исмагилов Р.Р. Повышение эффективности работы подразделения за счет внедрения системы непрерывных улучшений. *Газовая промышленность*, 2018, № 10, с. 72–78.
- [2] ГОСТ Р 56407–2015. *Бережливое производство. Основные методы и инструменты*. Москва, Стандартинформ, 2015, 16 с.
- [3] ГОСТ Р 56906–2016. *Бережливое производство. Организация рабочего пространства (5S)*. Москва, Стандартинформ, 2016, 15 с.
- [4] Крючкова А.А. Бережливое производство в социальном обслуживании. *Молодой ученый*, 2023, № 3, с. 35–43. URL: <https://moluch.ru/archive/482/105696> (дата обращения 15.05.2025).
- [5] Кирсанов Н.Ю. Возникновение и развитие концепции бережливого производства. *Вестник Алтайской академии экономики и права*, 2018, № 6, с. 91–96.
- [6] Вэйдер М. *Инструменты бережливого производства. Мини-руководство по внедрению методик бережливого производства*. Москва, Альпина Паблишер, 2017, 125 с.

Development of lean manufacturing in Russia**Zverev Georgiy Maximovich**

zverevgm@student.bmstu.ru

Pererva Olga Leonidovna

pererva@bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

The article investigates the dynamics of lean manufacturing implementation in Russian enterprises since the early 2000s. Its main focus is analyzing ways to enhance efficiency and reduce losses. Principles of lean production adopted by companies — such as eliminating surplus stock, optimizing processes, and reducing defects — have yielded positive outcomes. Significant benefits have been observed at major enterprises like "RUSAL," GAZ," and "KAMAZ." Nonetheless, several barriers have been identified: lack of skilled workforce, resistance to innovations, and insufficient funding.

Keywords: *lean manufacturing, efficiency improvement, loss reduction, optimization, continuous improvement*

УДК 658.5.012.14

Управление нововведениями на предприятии

Галкин Даниил Аркадьевич

galkinda@student.bmstu.ru

Перерва Ольга Леонидовна

pererva@bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Рассмотрены теоретические и практические аспекты управления нововведениями на промышленных предприятиях. Определены сущность и структура инновационного процесса, выделены основные факторы, влияющие на эффективность внедрения нововведений в производственную среду. Проведен обзор текущего состояния инновационной деятельности в России и зарубежный опыт в данной сфере. Основной задачей исследования является анализ проблем и перспективы совершенствования системы управления инновациями в отечественной промышленности.

Ключевые слова: нововведения, инновации, управление нововведениями, конкурентоспособность предприятие

Современные промышленные предприятия функционируют в условиях постоянных технологических изменений и усиливающейся конкуренции. Быстрое развитие цифровых технологий, глобализация рынков и рост требований потребителей обуславливают необходимость постоянного обновления продукции и производственных процессов [1]. В этих условиях особую актуальность приобретает управление нововведениями, которое становится ключевым фактором устойчивого развития и конкурентоспособности предприятий.

Управление нововведениями представляет собой совокупность методов и инструментов, направленных на организацию, координацию и контроль процессов создания и внедрения инноваций [2]. Эффективное управление нововведениями позволяет оптимизировать использование ресурсов, повысить производительность и ускорить адаптацию к изменениям внешней среды. На практике инновации выступают не только как средство повышения экономической эффективности, но и как ключевой инструмент модернизации промышленности в целом.

Инновационная деятельность охватывает все этапы, от зарождения идеи до ее практической реализации и коммерциализации. Управление нововведениями предполагает системный подход, включающий формирование инновационной стратегии, оценку потенциала предприятия, разработку механизмов мотивации персонала и организацию взаимодействия с внешними партнерами.

Согласно современным подходам, инновации классифицируются по различным признакам: по направленности — на продуктовые и процессные, по степени новизны — на радикальные и совершенствующие, по сфере применения — на технологические, организационные и управленческие [1]. Эффективное управление инновационным процессом требует соблюдения ряда

принципов: системности, гибкости, ориентации на результат и непрерывности процесса [3]. Важным условием является создание организационной структуры, способной быстро реагировать на изменения и поддерживать постоянные нововведения в организации. Для этого на предприятиях формируются специализированные подразделения или проектные команды, занимающиеся исследованием, разработкой и внедрением новых решений.

Инновационная активность российских предприятий остается на сравнительно низком уровне. По данным Росстата, доля компаний, реализующих инновационные проекты, не превышает 17 % [4]. Среди основных барьеров отмечаются недостаток финансирования, низкий уровень кооперации между бизнесом и наукой, а также дефицит квалифицированных кадров.

Финансовый аспект является одной из главных проблем: значительная часть предприятий ограничена в доступе к кредитным и инвестиционным ресурсам. Государственные меры поддержки, включая гранты, налоговые льготы и программы стимулирования инновационной активности, на данный момент охватывают ограниченный круг участников. Вместе с тем в последние годы наблюдается положительная динамика, растет число предприятий, участвующих в национальных проектах, таких как «Производительность труда» и «Цифровая экономика Российской Федерации» [4].

Серьезной проблемой остается кадровый потенциал. Недостаточная подготовка специалистов в области инновационного менеджмента и инженерных технологий снижает эффективность внедрения. В этом контексте важное значение приобретает развитие корпоративных программ обучения, взаимодействие с университетами и стимулирование творческой активности персонала.

Несмотря на существующие трудности, российская промышленность демонстрирует постепенный переход к инновационной модели развития. Все больше предприятий внедряют современные методы управления, цифровые технологии, системы бережливого производства и проектные подходы, направленные на повышение эффективности процессов.

Мировая практика показывает, что успешное управление нововведениями опирается на тесное взаимодействие науки, бизнеса и государства. В Германии значительный эффект достигнут благодаря внедрению концепции «Индустрия 4.0», которая объединяет автоматизацию, цифровизацию и обмен данными между предприятиями. В США ключевым фактором выступает развитая система венчурного финансирования и поддержка стартапов, что обеспечивает высокую скорость внедрения новых технологий [5].

Япония и Южная Корея делают ставку на непрерывное совершенствование производственных процессов (Kaizen), коллективное участие работников и долгосрочные инвестиции в развитие человеческого капитала [6]. Китай, в свою очередь, успешно реализует государственные программы модернизации промышленности, стимулируя предприятия к проведению НИОКР [7].

Для России важным направлением может стать адаптация зарубежных практик с учетом отечественной специфики. В частности, создание и развитие инновационных технопарков, а также усиление связей между универси-

тетами и промышленностью способны повысить результативность инновационной деятельности.

Управление нововведениями является стратегическим инструментом развития промышленности способный обеспечить устойчивость и конкурентные преимущества предприятия. Однако для этого необходим системный подход, включающий формирование инновационной культуры, развитие кадрового потенциала и цифровизация производственных процессов, а также требуются согласованные действия государства, бизнеса и научного сообщества.

Список источников

- [1] Спиридонова Е.А. *Управление инновациями*. Москва, Юрайт, 2024.
- [2] Перерва О.Л. *Экономика, организация и управление инновационными процессами*. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011.
- [3] Алексеева М.Б., Ветренко П.П. *Анализ инновационной деятельности*. Москва, Юрайт, 2024.
- [4] *Инвестиционная активность в промышленности в 2023 году*. URL: <https://cbr.ru> (дата обращения 15.10.2025).
- [5] Chesbrough H. *Open innovation: the new imperative for creating and profiting from technology*. Harvard Business School Press, 2015.
- [6] Tidd J., Bessant J., Pavitt K. *Managing innovation: integrating technological, Market and organizational change*. Wiley, 2015.
- [7] *Глобальный инновационный индекс 2023 года*. URL: <https://www.wipo.int> (дата обращения 17.10.2025).

Innovation management at the enterprise

Galkin Daniil Arkadievich

galkinda@student.bmstu.ru

Pererva Olga Leonidovna

pererva@bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

The article discusses the theoretical and practical aspects of innovation management in industrial enterprises. The essence and structure of the innovation process are defined, the main factors influencing the effectiveness of introducing innovations into the production environment are highlighted. An overview of the current state of innovation activity in Russia and foreign experience in this field is provided. The main objective of the research is to analyze the problems and prospects of improving the innovation management system in the domestic industry.

Keywords: *innovations, innovations, innovation management, competitiveness of the enterprise*

УДК 658.5:004

Влияние цифровой трансформации на организационную структуру предприятия

Перерва Ольга Леонидовна

pererva@bmstu.ru

Путилин Николай Евгеньевич

putilinne@student.bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Рассмотрено влияние цифровой трансформации на изменение организационной структуры предприятия. Раскрыты особенности автоматизации управленческих процессов, внедрения цифровых платформ и информационных систем управления. Показано, что внедрение цифровых технологий способствует повышению прозрачности, скорости принятия решений и эффективности взаимодействия подразделений. Проанализированы ключевые направления технологических преобразований, связанных с переходом предприятий к цифровым бизнес-моделям, которые обеспечивают эффективность и устойчивое развитие предприятий в условиях цифровой экономики.

Ключевые слова: цифровая трансформация, организационная структура, автоматизация управления, ERP-система, цифровая платформа

Современные предприятия функционируют в условиях стремительно развивающейся цифровой экономики, где ключевым фактором конкурентоспособности становится способность оперативно адаптировать бизнес-процессы и управленческие решения к технологическим изменениям [1]. Цифровая трансформация охватывает все уровни деятельности предприятия, представляет собой комплексный процесс изменения бизнес-моделей, управленческих подходов и организационных структур на основе использования цифровых решений, обеспечивающих автоматизацию, интеграцию и аналитическую поддержку управленческих функций.

Важнейшей особенностью цифровой трансформации является автоматизация процессов управления на всех уровнях предприятия. Использование ERP-систем позволяет объединить данные о производстве, финансах, снабжении и сбыте в едином информационном пространстве [2]. Это обеспечивает синхронизацию действий подразделений, повышение точности планирования и контроль исполнения задач. CRM-системы направлены на автоматизацию взаимодействия с клиентами, формируя более гибкую и клиентоориентированную модель управления. PLM-платформы дают возможность управлять жизненным циклом продукции, способствуя повышению согласованности действий подразделений и ускорению инноваций. Интеграция таких систем способствует изменению функциональных связей внутри предприятия: появляются новые центры ответственности, а традиционные отделы преобразуются в сетевые структуры, взаимодействующие через цифровые платформы.

Под влиянием цифровых технологий меняется сама логика построения организационных структур. Одним из ключевых эффектов цифровизации является переход от иерархических структур к гибким, проектным и матричным моделям управления [3]. В таких структурах основное внимание уделяется обмену данными и скорости реагирования на изменения внешней среды. Цифровые технологии создают возможности для формирования сквозных бизнес-процессов, где роль информационных потоков становится определяющей. Это ведет к сокращению числа уровней управления, перераспределению полномочий и переходу к самоорганизующимся командам. Такие изменения позволяют предприятиям быстрее реагировать на запросы рынка и формировать конкурентные преимущества в условиях неопределенности.

Цифровизация управленческой деятельности способствует сокращению издержек и повышению эффективности использования ресурсов. Интеллектуальные аналитические системы и технологии больших данных обеспечивают точное прогнозирование спроса, оптимизацию логистики и повышение производительности труда [4]. Благодаря цифровым инструментам предприятия могут комплексно анализировать внутренние и внешние процессы, выявлять слабые места и принимать обоснованные решения, основанные на данных. Это повышает не только оперативность, но и качество управленческих решений.

Важным элементом технологической перестройки выступают цифровые двойники — виртуальные модели производственных систем, которые позволяют в режиме реального времени анализировать состояние оборудования, прогнозировать результаты производственных операций и оптимизировать загрузку ресурсов. Применение таких инструментов значительно улучшает контроль над сложными производственными процессами и способствует принятию обоснованных решений, основанных на этих данных.

Кроме того, цифровая трансформация способствует развитию платформенных решений, объединяющих производственные, логистические и сбытовые функции в единую экосистему. Предприятия могут внедрить концепцию «умного производства», где ключевым элементом успеха становится синергия между человеком, машиной и данными. Внедрение корпоративных облачных систем управления открывает новые возможности для оптимизации взаимодействия между различными подразделениями и филиалами компании, независимо от их географического расположения.

Влияние цифровизации на организационную структуру проявляется и в изменении функций управленческого аппарата. Ряд традиционных административных задач заменяется интеллектуальными системами поддержки принятия решений, использующими методы машинного обучения и аналитики больших данных. Это снижает нагрузку на менеджеров среднего звена и способствует концентрации усилий на стратегических вопросах развития предприятия.

Существенным направлением цифровой эволюции становится переход к использованию аналитики данных для стратегического управления. Сбор

и анализ больших массивов информации о производственных, финансовых и логистических процессах позволяют формировать комплексные показатели эффективности, которые становятся основой для оптимизации управленческих решений. На практике это означает расширение влияния аналитических отделов и внедрение систем бизнес-аналитики. Эти системы позволяют оперативно оценивать эффективность деятельности компании и вносить необходимые корректировки в стратегию.

Наряду с этим, цифровизация способствует формированию новой корпоративной культуры, основанной на принципах открытости, гибкости и инновационности. Использование цифровых платформ для коммуникации и обмена опытом снижает барьеры между подразделениями и способствует развитию горизонтальных связей. Это создает условия для более эффективного взаимодействия сотрудников, повышения их вовлеченности и формирования среды, ориентированной на постоянное улучшение процессов. В таких условиях цифровизация становится не просто этапом модернизации, а необходимым условием устойчивого развития бизнеса [5].

Цифровизация перестраивает систему коммуникаций, сокращает количество управленческих уровней и способствует переходу к сетевым формам организации, где ключевое значение приобретают данные и скорость их обработки. Это позволяет компаниям быстрее реагировать на изменения внешней среды, повышать качество управленческих решений и усиливать конкурентоспособность. В то же время успешная цифровая трансформация требует комплексного подхода, включающего модернизацию технологической базы, развитие цифровых компетенций персонала и адаптацию корпоративной культуры под новые условия функционирования. Автоматизация управления, внедрение цифровых платформ и аналитических систем создают предпосылки для формирования адаптивных, сетевых и инновационно ориентированных организационных структур, способных гибко реагировать на вызовы цифровой экономики.

Список источников

- [1] Вертакова Ю.В., Боброва В.В. Цифровая трансформация предприятий: современные тенденции и направления развития. *Экономика и управление*, 2021, № 3, с. 15–21.
- [2] Глухов В.В., Лопатин В.А. Цифровые платформы в управлении производственными системами. *Вестник СПбГУ*, 2022, № 4, с. 42–49.
- [3] Иванова Е.А. Влияние цифровизации на развитие организационных структур компаний. *Менеджмент и инновации*, 2024, № 1, с. 27–32.
- [4] Горелова Г.В., Седова Н.В. Автоматизация бизнес-процессов и управление данными на промышленном предприятии. *Российский журнал менеджмента*, 2023, № 2, с. 33–39.
- [5] Кудрявцев А.А., Сулов Е.В. Индустрия 4.0 и трансформация систем управления. *Управленческие науки*, 2021, т. 11, № 2, с. 44–53.

The impact of digital transformation on the organizational structure of the enterprise

Pererva Olga Leonidovna

pererva@bmstu.ru

Putilin Nikolay Evgenievich

putilinne@student.bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

The article examines the impact of digital transformation on the change in the organizational structure of the enterprise. The features of automation of management processes, implementation of digital platforms and information management systems are revealed. It is shown that the introduction of digital technologies helps to increase transparency, speed of decision-making and efficiency of interaction between departments. The key directions of technological transformations related to the transition of enterprises to digital business models that ensure the efficiency and sustainable development of enterprises in the digital economy are analyzed.

Keywords: digital transformation, organizational structure, management automation, ERP system, digital platform

УДК 338.45:332.14(470.319)

Научеомкие предприятия — ключевой фактор развития инновационной экономики Калужского региона

Перерва Ольга Леонидовна

pererva@bmstu.ru

Туманов Тимофей Николаевич

tumanovtn@student.bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Исследованы современные тенденции развития экономики Калужской области и вклад научеомких предприятий региона в инновационное развитие. Проанализированы ключевые показатели доли научеомкой продукции в валовом региональном продукте, стратегические планы развития до 2040 г. Уделено внимание институциональной поддержке инноваций через Агентство инновационного развития и создание индустриальных парков. Определены перспективные направления формирования технологических кластеров нового поколения. Приведены конкретные примеры научеомких предприятий Калужского региона и их достижения.

Ключевые слова: научеомкое предприятие, инновационная экономика, машиностроительный комплекс, Калужская область

Научеомкие производства — это локомотивы экономического роста. Они создают новые рабочие места, повышают конкурентоспособность страны и способствуют технологическому прогрессу.

Калужская область занимает первое место в России по доле высокотехнологичной и научеомкой продукции в ВРП. Доля продукции научеомких и высокотехнологичных отраслей в валовом региональном продукте (ВРП) Калужской области в 2023 г. составила 22,5 % (среднее значение по РФ — 20 %). К 2040 г. согласно «Стратегии социально-экономического развития Калужской области до 2040 г.» планируется долю научеомких и высокотехнологичных отраслей в ВРП увеличить до 40 % [1].

В Калужской области развиты научеомкие отрасли промышленности в сферах атомной энергетики, космической техники, фармацевтики, машиностроения и информационных технологий.

Продвижением и развитием научеомких предприятий уже много лет в регионе занимается Агентство инновационного развития — центр кластерного развития Калужской области (АИРКО). Научеомкие и высокотехнологичные проекты в регионе реализуют преимущественно на территории 12 индустриальных парков и в двух особых экономических зонах.

В Калужском регионе в перспективе планируется создание нового поколения технологических кластеров, прежде всего в автомобильной электронике, ядерной медицине и фармацевтике, легкой промышленности, сельскохозяйственных биотехнологиях. При этом технологические кластеры в логике новой промышленно-технологической политики региона могут быть развернуты в формате научно-производственных объединений (НПО) нового поко-

ления, замыкая цикл от исследований до разработок и опытных производств с последующей передачей результатов в промышленность. Это позволит создать условия частичной технологической автономности в отдельных секторах экономики.

В Калужской области разрабатывается программа промышленного дизайна. Она предполагает развитие нового поколения инновационных подходов, связанных с дизайном (дизайн-центров, дизайн-районов, технопарков креативных индустрий). Такой подход к формату реализации инновационной деятельности в регионе позволит ускорить выход на коммерческое использование результатов НИОКР [1].

Назовем некоторые наукоемкие предприятия Калужской области и их достижения.

ОНПП «Технология» (г. Обнинск) в 2024 г. разработало 28 «ноу-хау», получило 41 патент и завершило четыре научно-исследовательских работы. Это разработки в инновационной керамике для сталелитейной промышленности, разработки сверхпрочного остекления истребителей 5-го поколения. На предприятии начали выпускать обечайки головных обтекателей для пяти ракет-носителей семейства «Ангара». Предприятие является одним из ведущих научно-производственных предприятий России в области создания наукоемкой продукции для авиационной, ракетно-космической техники, транспорта и вооружения [2].

На площадке АО «Научно-исследовательский физико-химический институт» (НИФХИ) им. Л.Я. Карпова (г. Обнинск) «Росатом» ведет строительство современного завода по производству изотопной продукции. Планируется уже в ближайшее время на двух десятках технологических линий завода начать выпуск радиофармацевтической продукции. В результате выполнения проекта в 2027 г. будет создан и введен в эксплуатацию крупнейший корпус фармацевтического производства радиофармпрепаратов. Проект внесет значительный вклад в обеспечение лекарственной безопасности Российской Федерации [3].

Второй по важности составляющей машиностроительного комплекса Калужской области после автомобилестроения является производство электронных компонентов. Несмотря на относительно небольшую долю в совокупном ВРП Калужской области, радиоэлектронная промышленность уже сейчас выступает значимым сектором экономики региона и стимулирует развитие других отраслей (автомобилестроение, авиастроение, производство медицинского оборудования и др.). В ближайшие годы будет создан кластер радиоэлектроники и приборостроения. Откроется не менее 10 новых производств радиоэлектронных устройств и компонентов. Флагманами электронной промышленности области являются такие предприятия, как АО «Автоэлектроника», ПАО «Калужский завод автомобильного электрооборудования», ООО НПО «Телеметрия». Научно-производственное предприятие «Телеметрия» занимается разработкой и производством охранной автомобильной электроники (автосигнализации и иммобилайзеры), сервис-

ных автомобильных устройств и телеметрических комплексов. Сегодня основная продукция предприятия — автомобильные сигнализации «Pandora» и иммобилайзеры «Pandect» [4].

В Калуге находится также одно из ведущих промышленных предприятий Калужской области приборостроительный завод «Тайфун». Завод «Тайфун» — научно-производственное предприятие, которое не только изготавливает продукцию по полученной документации, но и разрабатывает новые изделия и модернизирует существующие. В частности, ведется работа по созданию многофункциональных радиоэлектронных комплексов и систем нового поколения. АО «Тайфун» разрабатывает и производит сложную радиоэлектронную технику гражданского назначения, например приборы и системы для обеспечения энергосбережения и энергоэффективности; системы и приборы распределенного электропитания; источники питания для нужд РЖД; электроприводы различного назначения. Также завод выпускает продукцию специального назначения, необходимую для нужд армии РФ [5].

Якорным предприятием кластера информационно-коммуникационных технологий Калужской области является ЗАО «Калуга Астрал». Калуга-Астрал» создает и внедряет прогрессивное программное обеспечение и решения на базе искусственного интеллекта. Разработки предприятия востребованы всеми формами бизнеса от ИП без сотрудников до крупных предприятий с десятками филиалов [6].

Подводя итог, отметим: наукоемкие предприятия являются важными субъектами развития инновационной экономики. Они разрабатывают новые технологии и продукты, способные преобразовать научные открытия в активы, приносящие прибыль; помогают обеспечению технологического суверенитета; ускорению экономического роста и повышению конкурентоспособности предприятия, региона, страны.

Современная инновационная политика России подразумевает учет региональной специфики, активное вовлечение регионов в процессы формирования и реализации механизмов стимулирования инновационной деятельности. Калужская область имеет достаточный потенциал для реализации инновационных программ, превращения наукоемких предприятий в значительный фактор экономического развития. В регионе понимают, что для перехода экономики на инновационный тип развития большую роль играют вложения в НИОКР. Большое внимание в области уделяется развитию научно-производственных объединений нового типа.

Список источников

- [1] *О Стратегии социально-экономического развития Калужской области до 2040 года.* Постановление Правительства Калужской области от 15 декабря 2022 года № 970. URL: <https://docs.cntd.ru/> (дата обращения 09.10.2025).
- [2] *АО «ОНИП «Технология».* URL: technologiya.ru/ (дата обращения 10.10.2025).
- [3] *АО «НИФХИ им. Л.Я. Карпова».* URL: <https://karpoviprc.ru/> (дата обращения 10.10.2025).
- [4] *ООО «НПО «Телеметрия».* URL: <https://alarmtrade.ru/> (дата обращения 10.10.2025).

- [5] АО «Тайфун». URL: <https://taifun-russia.ru> (дата обращения 10.10.2025).
[6] ЗАО «Калужский АСТРАЛ». URL: <https://astral.ru/> (дата обращения 10.10.2025).

Knowledge - intensive enterprises as a key factor in the development of the innovative economy of the Kaluga Region

Pererva Olga Leonidovna

pererva@bmstu.ru

Tumanov Timofey Nikolaevich

tumanovtn@student.bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

This article examines current economic development trends in the Kaluga Region and the contribution of knowledge-intensive enterprises to innovative development. Key indicators of the share of knowledge-intensive products in the gross regional product and strategic development plans through 2040 are analyzed. Attention is paid to institutional support for innovation through the Agency for Innovative Development and the creation of industrial parks. Promising areas for the development of next-generation technology clusters are identified. Specific examples of knowledge-intensive enterprises in the Kaluga Region and their achievements are provided.

Keywords: *knowledge-intensive enterprise, innovative economy, Kaluga Region*

УДК 658.5

Бережливое производство как средство повышения эффективности работы предприятий

Перерва Ольга Леонидовна

pererva@bmstu.ru

Дворянинова Маргарита Игоревна

dvoryaninovami@student.bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Проанализирована концепция бережливого производства (lean production) как инструмента оптимизации деятельности предприятий. Показаны преимущества метода: улучшение качества продукции, снижение сроков производства и затрат за счет сокращения всех видов потерь. Отдельно рассмотрена роль бережливого подхода в условиях цифровизации производства. Показано, что бережливое производство способствует повышению ресурсной эффективности и формированию культуры непрерывных улучшений.

Ключевые слова: бережливое производство, потери, создание ценности, картирование потока создания ценности, Kanban, цифровизация

Со стороны современной экономики появляются все более высокие требования к предприятиям в части производительности, качества и гибкости. Конкуренция, сокращение жизненного цикла продукции, повышение затрат на ресурсы и энергию вынуждают предприятия искать новые пути оптимизации. При таких условиях особое значение приобретают концепции управления, которые направлены на устранение внутренних потерь, рациональное использование ресурсов и формирование устойчивых моделей роста. Одним из наиболее действенных инструментов является бережливое производство — философия управления, ориентированная на создание ценности для клиента и постоянное совершенствование процессов.

Бережливое производство (lean production) является системой управления, направленной на повышение эффективности предприятия за счет последовательного устранения всех видов потерь — временных, материальных, энергетических и организационных. Основная цель заключается не только в снижении затрат, но и в формировании культуры постоянного совершенствования, вовлекая каждого сотрудника в поиск и реализацию идей и улучшений [1].

Исторически бережливое производство берет свое начало в Японии в середине XX в. Истоки восходят к производственной системе компании Toyota, созданной Тайити Оно и Сигэо Синго. Система позволила предприятию достичь высокой эффективности при ограниченных ресурсах, что стало решающим фактором в послевоенном восстановлении японской промышленности. Позднее концепция была переосмыслена западными исследователями, получив название lean production, что дословно переводится как «производство без излишков» [2].

Применения бережливых подходов в России является актуальным и необходимым с целью повышения конкурентоспособности отечественных

предприятий, оптимизации затрат и адаптации к современным вызовам — санкциям, нехватке ресурсов и переходу к цифровой экономике. В условиях нестабильной внешней среды и ускоряющихся технологических изменений бережливое производство становится не только инструментом повышения эффективности, а также стратегией устойчивого развития [3].

Философия бережливого производства основана на принципе создания максимальной ценности для клиента при минимальных потерях. Потери, или «муда» в японской терминологии, представляют собой любые действия, не добавляющие ценности продукту. Ими могут являться избыточные запасы, лишние перемещения, простои оборудования, перепроизводство, дефекты и неэффективная организация труда. Все, что не создает ценности, подлежит сокращению или устранению. Таким образом, предприятие постепенно выстраивает поток создания ценности — от поставщиков сырья до конечного потребителя, минимизируя преграды и неэффективные операции.

Философия бережливого производства обязательно включает уважение к человеку и признание роли каждого сотрудника в общем успехе компании. Работники — участники процесса улучшений, способные самостоятельно находить проблемы и предлагать пути и способы их решения. Такая вовлеченность создает основу для формирования культуры постоянного совершенствования (кайдзен), когда улучшения становятся естественной частью ежедневной деятельности [3].

Важным элементом философии является стандартизация. Стандарты не ограничивают инициативу, а служат базой для анализа и дальнейших улучшений. Постоянный цикл «Планируй — Делай — Проверь — Действуй» (PDCA) позволяет организациям развиваться итеративно, извлекая уроки из каждого этапа изменений. Таким образом, бережливое производство представляет собой не набор инструментов, а целостную систему мышления, пронизывающую все уровни предприятия.

Основу системы Lean составляют пять ключевых принципов:

- определение ценности — понимание того, какие характеристики продукта важны для клиента;
- выявление потока создания ценности — анализ всех этапов производства для устранения неэффективных звеньев;
- создание непрерывного потока — организация процессов так, чтобы продукт двигался без простоев и ожидания;
- построение системы вытягивания — производство ведется не «на склад», а по фактическому спросу;
- постоянное совершенствование — непрерывное улучшение процессов, стандартов и культуры организации.

Для реализации этих принципов применяется целый комплекс инструментов. Методика 5S помогает организовать рабочее место, обеспечивая порядок и безопасность. Система Kaizen формирует культуру постоянных улучшений. Kanban служит визуальным инструментом для управления потоками и запасами, а Рока-Йоке предотвращает ошибки путем встроенного контроля качества.

Особое место занимает система Just-in-Time, обеспечивающая производство и поставку продукции точно в нужный момент без избыточных запасов [4].

Эти инструменты позволяют добиваться высокой производительности, сокращать издержки и улучшать качество продукции. Однако их применение эффективно лишь при системном подходе, когда организация последовательно внедряет lean-принципы во все звенья — от планирования до обслуживания клиентов.

Внедрения бережливого производства будет успешным в зависимости от того, насколько предприятие готово к изменениям и как выстроена стратегия перехода. На основе анализа мирового и отечественного опыта можно выделить семь основных этапов внедрения Lean.

Первый этап — стратегическое осознание и поддержка руководства.

Второй этап — обучение и формирование культуры.

Третий этап — диагностика текущего состояния.

Четвертый этап — разработка пилотного проекта. На ограниченном участке (цех, подразделение) тестируются отдельные lean-инструменты, например система 5S или канбан. Это позволяет выявить сложности и адаптировать подход под специфику организации.

Пятый этап — масштабирование успешных практик.

Шестой этап — закрепление изменений.

Седьмой этап — оценка эффективности и обратная связь.

Данные этапы создают устойчивую систему, изменения в которой не воспринимаются как единоразовая акция, а становятся непрерывным процессом развития [4].

Развитие цифровых технологий придало новое значение бережливому производству. Понятие «цифровой Lean» объединяет традиционные принципы минимизации потерь с возможностями анализа больших данных, искусственного интеллекта и автоматизации.

Цифровые инструменты позволяют в более быстром темпе выявлять неэффективные операции и моделировать последствия управленческих решений. Например, системы мониторинга в реальном времени фиксируют простои оборудования и автоматически предлагают оптимизационные меры. Применение аналитических платформ помогает более точно определять узкие места и прогнозировать поведение системы при изменении параметров производства.

В то же время бережливая философия помогает избежать типичной ошибки цифровизации — внедрения технологий ради самих технологий. Lean задает критерии осмысленного выбора: любое цифровое решение должно устранять конкретные потери и повышать ценность для клиента. Таким образом, цифровизация становится не заменой, а логическим развитием бережливого подхода.

Синергия Lean и цифровых технологий открывает перспективы для создания саморегулируемых производственных систем. В таких организациях данные используются не только для контроля, но и для обучения алгоритмов, что делает процессы гибкими и адаптивными. Можно утверждать, что циф-

ровой Lean — это следующий уровень эволюции производственного менеджмента [5].

Бережливое производство является не просто системой оптимизации, а философией управления, направленной на формирование культуры постоянного совершенствования. Его главная идея — создание ценности для клиента при минимальных потерях — остается универсальным и неизменным принципом, применимым к любым типам организаций.

Рассмотрение концепции Lean показывает, что ее внедрение способствует комплексному повышению эффективности: сокращаются издержки, ускоряются процессы, повышается качество и вовлеченность персонала. В сочетании с цифровыми технологиями бережливое производство становится мощным инструментом развития предприятий в условиях глобальной конкуренции.

Для российских компаний переход к Lean — это не просто модернизация производства, а шаг к новому уровню управленческой культуры, где эффективность определяется не только количеством произведенной продукции, но и способностью организации учиться новому, развиваться и создавать устойчивую ценность.

Список источников

- [1] ГОСТ Р 56020–2020. Бережливое производство. Основные положения и словарь. Москва, Стандартинформ, 2020.
- [2] Оно Т. *Производственная система Тойоты: уходя от массового производства*. Москва, ИКСИ, 2012, 287 с.
- [3] Лихвойнен А.В., Филиппович А.В., Юхимец В.И., Александрова В.С., Первухина Е.В. Бережливое производство: понятие, принципы, методы и опыт внедрения. *Вестник Алтайской академии экономики и права*, 2021, № 9(2), с. 154–159.
- [4] Дульцев Д.О. Бережливое производство как способ повышения эффективности деятельности предприятия. *Форум молодых ученых*, 2021, № 4(56), с. 1–5.
- [5] Костюнина Д.М. Бережливое производство как инструмент повышения эффективности деятельности предприятия. *Экономика и социум*, 2015, № 2–5(15), с. 795–799.

Lean manufacturing as a means of increasing the efficiency of enterprises

Pererva Olga Leonidovna

pererva@bmstu.ru

Dvoryaninova Margarita Igorevna

dvoryaninovami@student.bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

The article analyzes the concept of lean production as a tool for optimizing the activities of enterprises. The advantages of the method are shown: improving product quality, reducing production time and costs by reducing all types of losses. The role of the lean approach in the context of digitalization of production is considered separately.

Keywords: lean manufacturing, losses, value creation, value stream mapping, Kanban, digitalization

УДК 65.011

Теоретические аспекты интеграций цифровых технологий и инструментов бережливого производства в систему организации рабочих мест машиностроительного предприятия

Челенко Александра Викторовна chelav@bmstu.ru

Новикова Полина Александровна novikovapa@student.bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Рассмотрены подходы к интеграции цифровых технологий и инструментов бережливого производства в систему организации рабочих мест на машиностроительных предприятиях. Актуальность исследования обусловлена необходимостью повышения эффективности производственных процессов в условиях цифровизации промышленности и внедрения концепции «Индустрия 4.0». Представлены предложения по внедрению цифровых технологий и возможностей их сочетания с инструментами бережливого производства. Предложенные модели интеграции цифровых технологий с Lean-инструментами в систему организации рабочих мест помогут сократить скрытые потери, повысить производительность труда и улучшить качество продукции.

Ключевые слова: бережливое производство, эффективность производства, цифровые технологии, Индустрия 4.0, непрерывное улучшение качества, оптимизация производства, скрытые потери

Бережливое производство (Lean Production) представляет собой концепцию управления производственными процессами, направленную на максимальное повышение не только ценности продукта для потребителя, но и минимизацию издержек производства, устранения скрытых потерь. Джеффри Лайкер трактует бережливое производство как стратегию операционного превосходства, основанную на четко определенных ценностях для вовлечения людей в постоянное совершенствование в области безопасности, морали, качества, затрат и производительности [1].

Бережливое производство широко применяется для устранения потерь, которые связаны с неэффективным использованием ресурсов, избыточными запасами и другими видами «муда» — то есть действий, не добавляющих ценности конечному продукту [2].

Данная концепция управления производственным процессом ставит перед собой главную цель: обеспечение непрерывного потока создания ценности с ориентацией на потребности клиента.

Инструментами бережливого производства, которые обеспечивают анализ, оптимизацию и визуализацию процессов, являются система организации рабочего пространства (5C), система записи и передача информации от одного производственного участка к другому (Kanban), инструмент визуального контроля за ходом производственного процесса (Andon), практика непрерыв-

ного совершенствования производственных процессов (Kaizen), система «точно в срок» (Just-in-Time) и другие.

Внедрение инструментов бережливого производства на машиностроительные предприятия является важным направлением повышения конкурентоспособности. Данные действия способствуют снижению себестоимости продукции, сокращению производственного цикла, улучшению качества продукции и повышению дисциплины труда. Также применение Lean-инструментов создает благоприятную основу для внедрения цифровых технологий, поскольку стандартизированные, визуализированные и упорядоченные операции легче автоматизировать и интегрировать в цифровые системы управления.

Цифровизация промышленности — это процесс внедрения цифровых технологий для повышения эффективности, прозрачности и гибкости производственных процессов. Цифровые технологии позволяют сократить длительность производственного процесса, уменьшить время на наладку оборудования, снизить затраты на материалы и рабочую силу, что приведет к повышению производительности труда. Они также способствуют созданию новых возможностей для предприятий в области гибких производственных процессов и анализа данных в реальном времени, что ускоряет принятие стратегических и оперативных решений [3].

Основу цифровой трансформации составляют такие технологии как:

- интернет вещей (IoT) — технологии, позволяющие подключать к единой цифровой среде оборудование, датчики и станки [4];
- цифровые двойники — точные виртуальные копии оборудования или производственных процессов, которые позволяют проводить тестирование и оптимизацию без риска для реального производства [4];
- MES-системы (Manufacturing Execution Systems), обеспечивающих диспетчеризацию и контроль над выполнением производственных заданий в реальном времени [4];
- RFID и штрихование позволяют отслеживать движение материалов и изделий по всем стадиям производственного цикла.

Однако наряду с преимуществами внедрения существуют такие проблемы как высокая стоимость интеграции, обучение персонала, вопросы кибербезопасности, сопротивление изменениям со стороны работников.

Однако эти вызовы можно преодолеть, и выгоды от использования цифровых инструментов и искусственного интеллекта в машиностроении многократно их перевешивают [5]. Предприятия нуждаются в создании цифрового интеллектуального рабочего места (Smart Workplace). Инструменты бережливого производства и цифровые технологии являются взаимодополняющими направлениями в развитии современной промышленности. Для машиностроительных предприятий, стремящихся к повышению конкурентоспособности и эффективности, внедрение цифровых Lean-технологий является стратегически важным направлением развития.

Для наглядного представления возможных вариаций интеграций инструментов бережливого производства с информационными технологиями был

составлен систематизированный обзор основных сочетаний Lean-походов и цифровых компонентов. Таблица демонстрирует, какие цифровые технологии могут использоваться для поддержки каждого инструмента бережливого производства, какие функции они выполняют и какой практический эффект дают для организации рабочих мест.

Взаимосвязь инструментов бережливого производства и цифровых технологий

Инструмент бережливого производства	Цифровая технология	Основные функции	Практический эффект для организации рабочих мест
5S (сортировка, систематизация, соблюдение чистоты, стандартизация, совершенствование)	Цифровая визуализация, AR-технологии, цифровые чек-листы	Контроль состояния рабочих мест, отслеживание отклонений, поддержка стандартов	Повышение дисциплины труда, сокращение потерь времени, улучшение визуального контроля
Канбан	Электронные канбан-системы, RFID, штрихкодирование, MES	Управление потоками материалов, автоматическое обновление статусов, контроль запасов	Снижение избыточных запасов, устранение простоев, ускорение потоков
Андон	Сенсорные панели, IoT, система уведомлений, SCADA	Оповещение о сбоях, визуализация состояния оборудования, сбор статистики простоев	Быстрое реагирование на отклонения, сокращение времени простоя
SMED (быстрая переналадка)	Видеоанализ, датчики времени, программное планирование	Контроль времени переналадки, анализ узких мест, оптимизация операций	Сокращение времени переналадок, повышение коэффициента использования оборудования
TPM (тотальное обслуживание оборудования)	IoT-датчики, система мониторинга технического состояния, цифровые журналы ТОиР	Мониторинг параметров оборудования, прогнозирование поломок	Уменьшение аварийных остановок, повышение надежности и сроков службы оборудования

Таким образом, интеграция инструментов бережливого производства с цифровыми технологиями позволяет значительно повысить эффективность организации рабочих мест. Это приводит к автоматизации контроля, сокращению скрытых потерь, увеличению прозрачности и гибкости производственных процессов, повышает скорость реагирования на проблемы, а также способствует вовлечению персонала в непрерывные улучшения.

Список источников

- [1] Лайкер Д., Трахилис Й. Лидерство на всех уровнях бережливого производства. Практическое руководство. Москва, Альпина Паблишер, 2018, 398 с.
- [2] Калмыков В.В., Атрощенко В.Н., Короходкина К.Г. Анализ инструментов бережливого производства для оптимизации загрузки производственного оборудования. Электронный журнал: наука, техника и образование, 2018, № СВ1(18), с. 7–12.
- [3] Челенко А.В., Ковалева О.А., Соцкова Е.А. Оценка потенциала отрасли машиностроения в рамках индустрии 4.0. Известия ТулГУ. Технические науки, 2024, № 4, с. 79–83.
- [4] Ерохина Е.В., Новикова П.А. Цифровая трансформация машиностроения: роль искусственного интеллекта. Вестник Саратовского Государственного Технического университета, 2025, № 2, с. 5–17.
- [5] Гаев Л.В., Стихаенко Р.М. Внедрение искусственного интеллекта в машиностроении: текущее состояние и перспективы. International Journal of Humanities and Natural Sciences, 2024, vol. 5–4(92). <https://doi.org/10.24412/2500-1000-2024-5-4-65-67>

Theoretical aspects of the integration of digital technologies and lean manufacturing tools into the workplace management system of a machine - building enterprise

Chelenko Alexandra Viktorovna

viktorovna.chelav@bmstu.ru

Novikova Polina Alexandrovna

alexandrovna.novikovapa@student.bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

The article discusses approaches to the integration of digital technologies and lean manufacturing tools into the workplace management system at machine-building enterprises. The relevance of the research is due to the need to increase the efficiency of production processes in the context of industrial digitalization and the introduction of the "Industry 4.0" concept. The article presents proposals for the introduction of digital technologies and the possibilities of combining them with lean manufacturing tools. The proposed models for integrating digital technologies with Lean tools into the workplace management system will help reduce hidden losses, increase productivity, and improve product quality.

Keywords: *lean manufacturing, production efficiency, digital technologies, Industry 4.0, continuous quality improvement, production optimization, hidden losses*

УДК 658.5.012

Разработка цифровых двойников в рамках производственных инноваций

Перерва Ольга Леонидовна

pererva@bmstu.ru

Кущенко Никита Викторович

kuschenkonv@student.bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Рассмотрены теоретические и практические аспекты разработки цифровых двойников как ключевого элемента производственных инноваций. Проанализированы основные этапы создания цифровых двойников, технологический стек и методология внедрения. Особое внимание уделено анализу эффективности внедрения цифровых двойников на промышленных предприятиях. Выявлены основные проблемы и барьеры, с которыми сталкиваются предприятия при внедрении данной технологии. Определены перспективные направления развития цифровых двойников в контексте цифровой трансформации промышленности.

Ключевые слова: цифровой двойник, производственные инновации, цифровая трансформация, промышленность, имитационное моделирование

Введение современных цифровых технологий стало неотъемлемым условием конкурентоспособности промышленных предприятий. Среди перспективных направлений цифровизации особое место занимает создание цифровых двойников, которые представляют собой виртуальные копии физических объектов, процессов или систем [1]. Актуальность разработки цифровых двойников обусловлена необходимостью повышения эффективности производственных процессов и оптимизации затрат в условиях растущей глобальной конкуренции и постоянно изменяющихся требований рынка.

Концепция цифрового двойника основывается на трех ключевых компонентах: физическом объекте, его виртуальном представлении и связующих данных, обеспечивающих синхронизацию между реальным и цифровым объектами [2]. В отличие от традиционных компьютерных моделей, цифровые двойники характеризуются способностью к постоянному обновлению на основе данных с датчиков и других источников информации, что позволяет осуществлять мониторинг состояния оборудования в реальном времени и прогнозировать его поведение при различных сценариях эксплуатации. При этом важнейшей характеристикой современных цифровых двойников является их способность к автономной адаптации и самообучению на основе поступающих данных.

Методология разработки цифровых двойников включает несколько последовательных этапов. Первоначальный этап предполагает анализ бизнес-процессов и формулировку целей создания цифрового двойника [3]. На следующем этапе осуществляется сбор и анализ данных с использованием технологий промышленного интернета вещей, при этом особое внимание уделя-

ется обеспечению качества и достоверности собираемой информации. Особое значение имеет этап создания математических моделей, основанных на физических принципах работы оборудования и статистических данных [4], которые должны адекватно описывать поведение реального объекта в различных производственных ситуациях. Завершающим этапом является интеграция цифрового двойника в существующие бизнес-процессы предприятия.

Технологический стек разработки цифровых двойников включает разнообразные инструменты и платформы. Для сбора данных применяются датчики и SCADA-системы, позволяющие получать информацию в реальном времени. Обработка больших данных осуществляется с использованием специализированных платформ, таких как Apache Hadoop и Spark. Визуализация результатов реализуется посредством систем виртуальной и дополненной реальности [5], что значительно облегчает восприятие сложной технической информации и способствует принятию более обоснованных управленческих решений. Современные платформы цифровых двойников поддерживают возможности распределенных вычислений и облачного хранения данных.

Анализ практики внедрения цифровых двойников на российских промышленных предприятиях демонстрирует значительный экономический эффект. По данным исследований, внедрение цифровых двойников позволяет снизить эксплуатационные расходы на 15–20 % и увеличить производительность оборудования на 10–15 % [6]. На металлургических предприятиях использование цифровых двойников способствует оптимизации технологических процессов и повышению качества продукции за счет возможности предварительного тестирования различных режимов работы оборудования без остановки реального производства. Дополнительный эффект достигается за счет сокращения времени на переналадку оборудования и уменьшения количества технологического брака.

Однако внедрение цифровых двойников сопровождается определенными трудностями. К основным проблемам относится необходимость значительных инвестиций в модернизацию оборудования и подготовку персонала [7]. Серьезным препятствием является также недостаток квалифицированных кадров, способных работать с современными цифровыми технологиями, что требует разработки комплексных программ обучения и переподготовки специалистов. Кроме того, существенной проблемой остается обеспечение кибербезопасности и защита интеллектуальной собственности при работе с цифровыми двойниками. Не менее важной задачей является стандартизация подходов к созданию и использованию цифровых двойников.

Перспективы развития цифровых двойников связаны с интеграцией искусственного интеллекта и машинного обучения. Это позволит создавать самообучающиеся системы, способные адаптироваться к изменяющимся условиям производства [8]. Дальнейшее развитие получит концепция «цифрового завода», предполагающая создание комплексных цифровых двойников всего производственного цикла. Особый интерес представляет разработка межзаводских цифровых двойников, которые смогут оптимизировать взаимодей-

ствие между различными предприятиями в рамках единой производственной цепочки, что откроет новые возможности для повышения эффективности распределенного производства. Также перспективным направлением является развитие технологий цифровых теней — упрощенных версий цифровых двойников для малых и средних предприятий.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- [1] Иванов С.П., Петров К.В. Цифровые двойники в промышленности: теория и практика. *Автоматизация и современные технологии*, 2022, № 5, с. 12–18.
- [2] Сидоров А.М. Методология создания цифровых двойников производственных систем. *Промышленные АСУ и контроллеры*, 2021, № 8, с. 24–29.
- [3] Козлова Е.В. Технологии промышленного интернета вещей в создании цифровых двойников. *Датчики и системы*, 2023, № 2, с. 45–49.
- [4] Николаев Д.С. Математическое моделирование в задачах создания цифровых двойников. *Информационные технологии*, 2022, № 11, с. 33–38.
- [5] Федоров М.П. Визуализация данных в системах цифровых двойников. *Компьютерная графика и визуализация*, 2023, № 1, с. 27–32.
- [6] Орлов В.Г. Экономическая эффективность внедрения цифровых двойников на промышленных предприятиях. *Экономика и управление*, 2022, № 7, с. 56–61.
- [7] Громова Н.С. Управление изменениями при внедрении цифровых технологий. *Менеджмент и бизнес-администрирование*, 2021, № 4, с. 41–46.
- [8] Белов П.Р. Искусственный интеллект в промышленности: перспективы применения. *Искусственный интеллект и принятие решений*, 2023, № 1, с. 15–21.

Development of digital twins in the framework of production innovations

Pererva Olga Leonidovna

pererva@bmstu.ru

Kushchenko Nikita Viktorovich

kuschenkonv@student.bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

The article discusses the theoretical and practical aspects of developing digital twins as a key element of production innovation. The main stages of creating digital twins, the technological stack and the implementation methodology are analyzed. Special attention is paid to the analysis of the effectiveness of the introduction of digital twins in industrial enterprises. The main problems and barriers faced by enterprises in the implementation of this technology have been identified. Promising directions for the development of digital twins in the context of the digital transformation of industry have been identified.

Keywords: digital twin, production innovations, digital transformation, industry, simulation modeling

УДК 658

Роль стартапов в экономическом успехе и инновационном развитии

Иконникова Ирина Викторовна

iv_ikonnikova@bmstu.ru

Бардина Анна Ивановна

bai23km022@student.bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Рассмотрен потенциал технологии блокчейн для повышения эффективности государственного управления в контексте актуальных мировых трендов. Проанализированы основные направления применения блокчейна в госуправлении, экономические преимущества и ограничения, а также мировые кейсы внедрения. Особое внимание уделено оценке экономической целесообразности использования блокчейна в государственном секторе.

Ключевые слова: блокчейн, государственное управление, цифровизация, экономическая эффективность, прозрачность, безопасность данных

Современные проблемы в сфере государственного управления требуют внедрения инновационных технологий, способных обеспечить прозрачность, безопасность и эффективность административных процессов. Одной из таких технологий является блокчейн — распределенный реестр, обеспечивающий неизменяемость, децентрализацию и защиту данных. В последние годы блокчейн активно исследуется как инструмент оптимизации государственных услуг, борьбы с коррупцией и снижения административных издержек.

Актуальность темы обусловлена необходимостью поиска новых подходов к повышению доверия граждан к государственным институтам, сокращению бюрократических процедур и минимизации рисков мошенничества. В то же время, внедрение блокчейна требует значительных инвестиций и изменения существующих бизнес-процессов, что ставит вопрос о его экономической целесообразности.

Блокчейн — это распределенная база данных, состоящая из последовательных блоков информации, защищенных криптографическими методами [1].

Технология блокчейн обладает рядом фундаментальных характеристик, которые и обеспечивают ее уникальные возможности. Эти свойства, действуя в совокупности, формируют основу для безопасного, прозрачного и децентрализованного хранения и передачи информации.

Во-первых, децентрализация является ключевым атрибутом блокчейна и означает отсутствие единого центра управления или единой точки отказа. Вместо этого данные распределяются по множеству узлов (компьютеров) в сети, что делает систему устойчивой к сбоям и цензуре. Во-вторых, неизменяемость данных — критически важное свойство, которое гарантирует, что информация, однажды записанная в блокчейн, практически не может быть изменена или удалена. Каждый новый блок содержит криптографическую

ссылку на предыдущий, образуя непрерывную цепочку, которая обеспечивает целостность и подлинность всех транзакций. Третьим важным аспектом является прозрачность: все участники сети имеют доступ к полной истории транзакций, что позволяет каждому проверить достоверность данных и отследить перемещение активов, сохраняя при этом псевдонимность участников. Наконец, безопасность блокчейна обеспечивается сложными криптографическими алгоритмами, которые защищают сеть от несанкционированного доступа, подделки данных и двойных трат.

Эти фундаментальные характеристики по отдельности и в совокупности открывают широкие возможности для различных сфер применения, что приводит к выделению нескольких типов блокчейнов, каждый из которых оптимизирован для определенных сценариев использования.

Среди основных типов блокчейнов выделяют.

1. Публичные (или открытые) блокчейны, такие как Bitcoin и Ethereum, характеризуются тем, что любой желающий может стать участником сети, просматривать транзакции и участвовать в процессе достижения консенсуса (например, майнинге). Это обеспечивает максимальную децентрализацию и прозрачность, но может быть сопряжено с более низкой скоростью обработки транзакций.

2. Приватные (или закрытые) блокчейны доступны только авторизованным участникам. В таких сетях доступ к записи и проверке транзакций предоставляется по усмотрению владельца сети. Этот тип блокчейна часто используется корпорациями и государственными органами для внутренних нужд, где требуется высокая скорость, конфиденциальность и полный контроль над доступом к данным.

3. Консорциумные (или гибридные) блокчейны представляют собой компромисс между публичными и приватными сетями. В них управление и доступ к сети делегируются группе заранее отобранных организаций, которые совместно поддерживают и проверяют транзакции. Это обеспечивает баланс между децентрализацией, безопасностью и производительностью, что делает их привлекательными для отраслевых решений, в которых участвует несколько заинтересованных сторон [2].

Для нужд государственного управления, где критически важны вопросы контроля доступа, конфиденциальности и соответствия строгим нормативным требованиям, наиболее перспективными типами блокчейнов являются приватные и консорциумные блокчейны. В отличие от публичных сетей, которые открыты для всех, эти модели позволяют государственным органам и связанным с ними организациям устанавливать четкие правила доступа к информации и контролировать, кто именно может записывать или просматривать транзакции. Частные блокчейны, полностью контролируемые одним органом, и консорциумные блокчейны, управляемые группой доверенных организаций, обеспечивают необходимый уровень конфиденциальности и безопасности, что является неотъемлемым условием для работы с конфиденциальными государственными данными.

Технология блокчейн обладает революционным потенциалом для создания единой, надежно защищенной системы идентификации граждан и государственных документов. Внедрение блокчейн-решений в этой области позволяет исключить возможность подделки документов, поскольку каждая запись в реестре является неизменяемой и криптографически защищенной. Это также предотвращает дублирование данных, поскольку у каждого гражданина или субъекта будет уникальный верифицированный идентификатор в системе. Такой подход не только повышает эффективность административных процессов, но и закладывает основу для более безопасного и прозрачного взаимодействия граждан с государством, а также для надежного управления различными государственными реестрами.

Важным аспектом внедрения блокчейн-технологий в государственное управление является юридическая интеграция. Для обеспечения законности и юридической силы данных, хранящихся в блокчейне, необходимо разработать или адаптировать существующее законодательство. Это включает в себя признание юридической значимости цифровых подписей, используемых в блокчейн-транзакциях, а также определение правового статуса записей в распределенном реестре как доказательств в судебных или административных процессах. Создание нормативной базы, регулирующей использование частных и консорциумных блокчейнов, а также определяющей порядок верификации и использования цифровых идентификаторов, станет ключевым фактором для успешной и легитимной интеграции этой технологии в государственные системы. Таким образом, блокчейн может стать не только технологической, но и правовой основой для создания более эффективного, безопасного и клиентоориентированного государства [3].

Опираясь на успешный зарубежный опыт, такие страны, как Эстония, уже активно внедряют блокчейн-решения: система электронного резидентства, основанная на этой технологии, обеспечивает цифровую идентификацию нерезидентов и способствует росту иностранных инвестиций. Аналогичным образом Дубай реализует амбициозный проект Dubai Blockchain Strategy, направленный на перевод всех государственных документов в блокчейн к 2025 г., что по прогнозам позволит экономить до 1,5 млрд долларов в год. Эти примеры наглядно демонстрируют, как блокчейн трансформирует государственное управление, делая его более прозрачным, безопасным и экономически выгодным [4].

Технология блокчейн может обеспечить прозрачность и защиту от фальсификаций при проведении выборов. Так, пилотные проекты реализованы в Швейцарии (тестирование блокчейн-голосования в кантоне Цуг), в России (эксперименты с блокчейн-платформой для голосования на уровне муниципалитетов).

Блокчейн позволяет создать прозрачный реестр прав собственности, сократить мошенничество и ускорить сделки. Примерами может служить опыт Грузии — регистрация земельных участков через блокчейн позволила сократить время регистрации с 3 дней до 20 минут и снизить издержки на 70 %,

а также Швеция — проект по переводу кадастрового учета на блокчейн повышает прозрачность и снижает риски мошенничества.

Использование блокчейна для распределения социальных пособий и контроля за бюджетными средствами позволяет снизить коррупционные риски, ускорить обработку заявок и обеспечить прозрачность расходования средств, делая государственные финансовые потоки более эффективными и подотчетными. Экономическая целесообразность внедрения блокчейна в государственном управлении: преимущества, ограничения и оценка эффективности

Внедрение блокчейн-технологий в государственное управление дает значительные экономические преимущества, главными из которых являются снижение административных издержек за счет автоматизации процессов и исключения посредников, повышение доверия граждан благодаря прозрачности и неизменности данных, эффективная борьба с коррупцией за счет минимизации возможностей для мошенничества, а также существенное ускорение процессов за счет сокращения времени на обработку документов и транзакций. Однако прежде чем приступить к масштабной интеграции, необходимо учесть существенные ограничения и риски, такие как высокие первоначальные затраты на разработку и внедрение блокчейн-систем, техническая сложность, требующая обучения персонала и адаптации существующей ИТ-инфраструктуры, правовые барьеры в виде отсутствия единых стандартов регулирования и энергозатратность некоторых типов блокчейн-сетей.

Для адекватной оценки экономической эффективности внедрения блокчейна в государственное управление используются как традиционные, так и специфические показатели. Ключевыми среди них являются срок окупаемости инвестиций (ROI), позволяющий определить период, за который первоначальные вложения окупятся за счет полученной экономии, а также снижение операционных расходов, которое, по данным McKinsey, может достигать 10–30 %. Кроме того, оценивается увеличение скорости обработки транзакций, которое, по данным Deloitte, может составить до 50 %, и сокращение числа ошибок и случаев мошенничества, которое, согласно исследованиям PwC, может достигать 40–60 %. Комплексный анализ этих показателей позволяет принять обоснованное решение о целесообразности и масштабах внедрения блокчейн-решений в государственном секторе.

Технология блокчейн обладает значительным потенциалом для трансформации государственного управления, обеспечивая прозрачность, безопасность и экономическую эффективность. Однако успешное внедрение требует комплексного подхода: технической подготовки, правового регулирования и экономического обоснования. Опыт ведущих стран демонстрирует, что блокчейн может стать ключевым инструментом цифровизации госуправления, но только при условии грамотного планирования и учета всех рисков.

Список источников

- [1] Лелу Л. *Блокчейн от А до Я*. Москва, Эксмо, 2018.
- [2] Беляев А. *Какие бывают блокчейны и почему это важно*. Москва, Изд-во IXBT, 2023.
- [3] Кузьминых Е.С., Маслова М.А. *Влияние блокчейн технологий на современное общество*. Москва, Изд-во «Научный результат. Информационные технологии», 2022.
- [4] Авдеев М. *Блокчейн — технологии в госуправлении. Мировой опыт*. Москва, Изд-во Forbes, 2017.

The role of startups in economic success and innovative development

Ikonnikova Irina Viktorovna

iv_ikonnikova@bmstu.ru

Bardina Anna Ivanovna

bai23km022@student.bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

This article examines the potential of blockchain technology to enhance the efficiency of public administration in the context of current global trends. It analyzes the key areas of blockchain application in public administration, its economic advantages and limitations, as well as global case studies of its implementation. Particular attention is paid to evaluating the economic viability of using blockchain in the public sector.

Keywords: *blockchain, public administration, digitalization, economic efficiency, transparency, data security*

УДК 338.312

Современные методы и инструменты повышения производительности труда

Перерва Ольга Леонидовна

pererva@bmstu.ru

Ермакова Екатерина Александровна

eea22km055@student.bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Рассмотрены современные подходы к повышению производительности труда в условиях цифровой трансформации экономики и интенсификации конкуренции. Исследованы ключевые направления повышения эффективности трудовой деятельности — внедрение цифровых технологий, автоматизация производственных процессов, использование принципов бережливого производства и развитие человеческого капитала. Особое внимание уделено роли цифровизации, искусственного интеллекта и аналитических систем в оптимизации трудовых процессов и управлении персоналом. Полученные результаты могут быть использованы, например, при разработке программ повышения производительности.

Ключевые слова: производительность труда, эффективность, цифровизация, инновации

В условиях динамичного развития технологий и глобальной конкуренции производительность труда становится ключевым фактором устойчивого роста предприятий. В эпоху цифровой экономики повышать производительность труда можно не только за счет механизации и автоматизации, но и через системное развитие человеческого капитала, применение интеллектуальных инструментов анализа данных и совершенствование организационных структур.

Современное понимание производительности труда выходит за рамки традиционных экономических категорий и рассматривает этот показатель как комплексную характеристику взаимодействия человека, технологий и организационной среды [1].

Производительность труда определяется не только количеством выпускаемой продукции за единицу времени, но и эффективностью использования ресурсов — материальных, человеческих и интеллектуальных. Одной из главных тенденций современного периода является цифровизация производственных процессов, которая обеспечивает непрерывный мониторинг состояния оборудования, учет затрат рабочего времени и автоматизацию рутинных операций. Использование цифровых двойников, систем искусственного интеллекта и больших данных (Big Data) позволяет выявлять узкие места в производственном цикле, прогнозировать сбои и оптимизировать загрузку персонала.

Важным направлением повышения производительности является развитие культуры бережливого производства. Этот подход, впервые реализованный на предприятиях Японии, сегодня активно используется во всем мире. Основ-

ная идея заключается в систематическом выявлении и устранении потерь, не создающих добавленной стоимости. Применение принципов «кайдзен» формирует у сотрудников мышление постоянных улучшений, стимулирует инициативу и вовлеченность в развитие предприятия.

Современные компании все чаще осознают, что без активного участия персонала невозможно добиться устойчивого роста производительности. Поэтому особое значение приобретает создание мотивационной среды, основанной не только на материальном стимулировании, но и на нематериальных факторах — признании, карьерном росте, самореализации и профессиональном развитии 0.

Цифровизация экономики кардинально изменила подход к организации труда. Современные предприятия все чаще внедряют интегрированные информационные системы (ERP, MES, CRM), позволяющие автоматизировать планирование, учет и контроль производственных процессов. Эти системы обеспечивают прозрачность информации, сокращают время на принятие решений и повышают согласованность действий между подразделениями.

Не менее важным направлением является внедрение Индустрии 4.0, которая объединяет киберфизические системы, роботизацию, интернет вещей (IoT) и искусственный интеллект.

Кроме того, цифровые инструменты способствуют формированию новой модели управления персоналом. Системы аналитики труда позволяют оценивать эффективность каждого сотрудника на основе объективных показателей, выявлять лучшие практики и тиражировать их в масштабах всего предприятия. Цифровые платформы для обучения и дистанционного взаимодействия повышают доступность знаний и ускоряют адаптацию новых сотрудников 0.

Повышение производительности труда невозможно без совершенствования управленческих подходов. Современные организации активно внедряют проектное и процессное управление, что позволяет гибко распределять ресурсы и адаптироваться к изменениям внешней среды. Методологии Agile и Scrum, изначально применявшиеся в IT-сфере, сегодня успешно используются и в производственных компаниях. Они способствуют ускорению реализации проектов, улучшению коммуникации внутри команды и повышению ответственности каждого участника за конечный результат.

Большое значение имеет развитие организационной культуры, ориентированной на сотрудничество, доверие и инновации.

Современные инструменты управления знаниями (Knowledge Management) позволяют формировать внутренние базы данных, электронные библиотеки и обучающие платформы, где сотрудники делятся опытом и идеями. Это не только снижает временные затраты на поиск решений, но и способствует формированию единого интеллектуального пространства организации.

Человеческий капитал становится центральным элементом системы повышения производительности труда. Уровень квалификации, способность к обучению и мотивация работников напрямую влияют на результаты деятельности предприятия. В современных условиях важную роль играют программы

непрерывного образования и профессиональной переподготовки, ориентированные на развитие компетенций в области цифровых технологий, управления проектами и инновационного мышления 0.

Кроме того, растет значение эмоционального интеллекта и навыков командного взаимодействия. Компании все чаще используют тренинги по развитию soft skills, которые повышают качество коммуникаций и позволяют более эффективно решать сложные производственные задачи. Таким образом, рост производительности труда становится возможен только при синергии технических инноваций и развития человеческого потенциала 0.

Современные методы и инструменты повышения производительности труда представляют собой комплексную систему, объединяющую технические, организационные и социально-психологические аспекты.

Интеграция цифровых технологий, внедрение принципов бережливого производства, совершенствование систем мотивации и развитие компетенций работников позволяют создать устойчивую основу для роста эффективности и конкурентоспособности предприятия.

Список источников

- [1] Андреев В.П. Цифровизация производственных процессов как фактор повышения эффективности предприятия. *Экономика и управление*, 2023, № 2, с. 45–53.
- [2] Белоусов И.А. Методы бережливого производства: современный опыт применения. *Менеджмент в России и за рубежом*, 2022, № 4, с. 61–70.
- [3] Литвиненко П.С. Инновационные технологии управления производством в промышленности. *Инновации*, 2021, № 6, с. 82–90.
- [4] Орлова Т.М., Сафронов Д.Н. Мотивация персонала в условиях цифровой трансформации экономики. *Экономика труда*, 2022, № 3, с. 115–127.
- [5] Яковлев Е.К. Инструменты повышения производительности труда в условиях промышленной цифровизации. *Вестник промышленности*, 2023, № 1, с. 98–106.

Modern methods and tools for increasing labor productivity

Pererva Olga Leonidovna

pererva@bmstu.ru

Ermakova Ekaterina Aleksandrovna

eea22km055@student.bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

The article discusses modern approaches to increasing labor productivity in various industries. It analyzes the trends of digitalization, automation, and the introduction of innovative management tools that affect the efficiency of employees. Special attention is given to the role of human capital, corporate culture, and artificial intelligence technologies in shaping a new model of labor organization.

Keywords: labor productivity, efficiency, digitalization, innovation

УДК 303.422.3

Аналитика данных в стартапах: как использовать информацию для принятия решений

Квашина Вера Владимировна

kvashina@bmstu.ru

Бардина Анна Ивановна

bai23km022@student.bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Рассмотрены различные методы сбора и анализа данных, а также их влияние на эффективность работы стартапов. Обсуждаются как традиционные подходы, такие как опросы и интервью, так и современные технологии, включая анализ больших данных и машинное обучение. Подчеркнута важность гибкости бизнеса в условиях быстро меняющегося рынка и необходимости актуализировать данные регулярно. Рассмотрены вызовы, с которыми сталкиваются стартапы при внедрении аналитики, включая необходимость инвестиций в технологии и квалифицированных специалистов.

Ключевые слова: стартапы, методы сбора данных, методы анализа данных, оптимизация бизнес-процессов, статистический анализ, корреляционный анализ, моделирование данных

В современном бизнес-мире успешные стартапы все чаще обращаются к аналитике данных как к важнейшему инструменту для оптимизации своих бизнес-процессов и принятия стратегических решений. Этот акцент на данные обусловлен растущей конкуренцией и стремлением к персонализации продуктов и услуг, что требует глубокого понимания поведения и потребностей клиентов. Использование данных позволяет не только лучше понять потребности клиентов, но и адаптировать продукты и услуги под меняющиеся условия рынка.

В данной статье рассмотрим различные методы сбора и анализа данных, а также их влияние на эффективность работы стартапов.

Начнем с методов сбора данных. Существуют разнообразные источники данных, которые стартапы могут использовать для анализа. Например, количественные данные могут быть собраны через опросы, формы обратной связи, аналитику веб-трафика.

Собранная информация о поведении пользователей на сайте или в приложении может предоставить ценную информации о том, как оптимизировать пользовательский опыт и улучшить конверсию.

Качественные данные, напротив, могут быть собраны с помощью интервью, фокус-групп и мониторинга социальных медиа. Эти источники позволяют глубже понять мнение и эмоции клиентов, что особенно полезно для стартапов, стремящихся создать продукт, максимально соответствующий потребностям аудитории. Помимо сбора данных очень важен их анализ.

Существуют различные аналитические инструменты и методы, которые помогают в обработке и интерпретации информации. Статистический анализ,

корреляционный анализ и моделирование данных — это лишь некоторые из методов, которые могут быть использованы для выявления закономерностей и тенденций. Давайте рассмотрим каждый метод подробнее.

Статистический анализ — это процесс сбора и анализа информации, данных о различных аспектах социально-экономической жизнедеятельности, ориентированный на оценку их закономерностей, текущего состояния и перспектив развития, что обеспечивает управленческий учет сведениями, лежащими в основе принимаемых управленческих решений [1].

Существует несколько видов такого анализа: дисперсионный, ковариационный и регрессионный.

Корреляционный анализ или корреляционная связь — это согласованное изменение двух признаков, отражающее тот факт, что изменчивость одного признака находится в соответствии с изменчивостью другого. Корреляция бывает парной, когда изучается взаимосвязь между двумя признаками, и множественной, когда изучается взаимосвязь между тремя или большим числом признаков [2].

Моделирование данных — это процесс, используемый для определения и анализа требований к данным, необходимым для поддержки бизнес-процессов в рамках соответствующих информационных систем в организациях. Таким образом, процесс моделирования данных включает в себя работу профессиональных специалистов по моделированию данных в тесном сотрудничестве с заинтересованными сторонами в бизнесе, а также с потенциальными пользователями информационной системы [3].

Используя различные методы стартап может обнаружить, что высокий уровень взаимодействия с определенной функцией приложения соответствует повышению уровня удержания пользователей, что позволит сосредоточить усилия на ее продвижении.

Также важным аспектом является визуализация данных в виде графиков, диаграмм и таблиц. Стартап может упростить процесс интерпретации информации для команды. Эффективная визуализация данных способствует лучшему пониманию ключевых показателей и позволяет быстро принимать обоснованные решения.

Не менее значимой является роль аналитики в принятии стратегических решений. На основе анализа данных стартапы могут разрабатывать более эффективные бизнес-модели, проводить точные прогнозы и определять направления для роста. Кроме того, использование аналитики данных помогает стартапам следить за изменениями на рынке и адаптироваться к ним.

В условиях быстро меняющегося бизнес-окружения важно быть гибким и готовым к изменениям, поэтому анализ данных о конкурентах, тенденциях в отрасли и изменениях в потребительских предпочтениях позволяет стартапам лучше позиционировать себя на рынке и принимать обоснованные решения относительно стратегии развития.

Важно отметить, что внедрение аналитики данных требует определенных ресурсов, как человеческих, так и технологических. Наличие квалифициро-

ванных специалистов по аналитике и современных инструментов для обработки и анализа данных может существенно повысить эффективность использования информации. Таким образом, стартапы должны инвестировать свои команды и технологии, чтобы реализовать весь потенциал, который представляет аналитика.

Аналитика данных помогает стартапам не только в сборе информации, но и в активном использовании ее для оптимизации бизнес-процессов. Вот несколько областей, где аналитика может оказать значительное влияние:

- улучшение пользовательского опыта, т. е. анализ пользовательского поведения позволяет понять, какие аспекты продукта вызывают трудности у пользователей, и сделать необходимые улучшения;

- маркетинговая стратегия, т. е. данные о клиентах могут быть использованы для создания целевых рекламных кампаний, что позволяет снизить затраты на привлечение клиентов и повысить конверсию;

- управление запасами, т. е. аналитика данных позволяет заранее прогнозировать спрос на товары или услуги, что помогает избежать излишнего накопления запасов и сократить издержки;

- оптимизация процессов разработки, т. е. изучая данные о том, как часто определенные функции используются, стартапы могут принимать более обоснованные решения о том, какие функции следует развивать, а какие убрать [4].

В заключение, аналитика данных является важнейшим инструментом для успешных стартапов, предоставляя возможность оптимизировать бизнес-процессы, лучше понимать клиентов и адаптироваться к изменениям на рынке. Методы сбора и анализа данных позволяют не только повышать эффективность работы, но и формировать устойчивую стратегию развития, основанную на фактических данных и глубоких аналитических выводах. Инвестирование в аналитику данных — это не просто тренд, а необходимое условие для достижения долгосрочного успеха в современном бизнес-мире.

Список источников

- [1] *Статистические методы анализа*. URL: https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/36122/1/978-5-7996-1633-5_2015 (дата обращения 23.10.2025).
- [2] *Теоретический материал. Корреляционный анализ*. URL: https://e.vyatsu.ru/pluginfile.php/462616/mod_resource/content/3/Теоретический%20материал_корреляционный%20анализ (дата обращения 23.10.2025).
- [3] *Data modeling*. https://en.wikipedia.org/wiki/Data_modeling (accessed 23.10.2025).
- [4] *Аналитика больших данных в рынке производства*. URL: <https://www.verifiedmarketreports.com/ru/product/big-data-analytics-in-manufacturing-market/> (дата обращения 23.10.2025).

Data analytics in startups: how to use information to make decisions

Kvashina Vera Vladimirovna

kvashina@bmstu.ru

Bardina Anna Ivanovna

bai23km022@student.bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

The article discusses various methods of data collection and analysis, as well as their impact on the effectiveness of startups. Both traditional approaches, such as surveys and interviews, and modern technologies, including big data analysis and machine learning, are discussed. The importance of business flexibility in a rapidly changing market and the need to update data regularly is emphasized. It examines the challenges that startups face when implementing analytics, including the need to invest in technology and qualified specialists.

Keywords: *startups, data collection methods, data analysis methods, business process optimization, statistical analysis, correlation analysis, data modeling*

УДК 001.895

Современные подходы к управлению наукоемким производством на основе ERP-систем

Перерва Ольга Леонидовна

pererva@bmstu.ru

Голубкова Дарья Александровна

gda21km036@student.bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Эффективное управление наукоемким производством критически важно для технологического суверенитета. Внедрение современных ERP-систем становится стратегической необходимостью, объединяя управление проектами, данные о продукции и аналитику в единую экосистему. Это не только оптимизирует процессы, но и создает основу для инноваций и подготовки кадров в цифровой экономике. Такой комплексный подход позволяет не только оптимизировать существующие бизнес-процессы, но и создавать основу для прорывных инноваций, формируя среду для разработки конкурентоспособной продукции и подготовки специалистов, способных работать в условиях цифровой экономики.

Ключевые слова: наукоемкое производство, ERP-системы, управление инновациями, цифровая трансформация, интеллектуальные платформы, цифровые двойники, управление проектами

Ключевой особенностью наукоемкого производства является его ориентация на исследования и опытно-конструкторские разработки (НИОКР), что предопределяет высокий уровень неопределенности и уникальности бизнес-процессов. В отличие от серийного или массового производства, здесь доминирует проектная деятельность, а планирование осложняется отсутствием ретроспективных данных и четких нормативов. Управление интеллектуальной собственностью, патентами и ноу-хау становится стратегически важным активом, так же как и привлечение и удержание высококвалифицированных кадров. Кроме того, для таких производств критически важны скрупулезный контроль качества на всех этапах и обеспечение полной прослеживаемости материалов и процессов, что часто является требованием отраслевых стандартов и государственных регуляторов [1]. Эти особенности порождают серьезные вызовы для традиционных систем управления: возникают информационные «разрывы» между научными лабораториями, конструкторскими бюро и производственными цехами, когда изменения в проекте несвоевременно доходят до исполнителей. Расчет себестоимости изделия становится крайне сложной задачей из-за непредсказуемости затрат на НИОКР и постоянных инженерных изменений. Все это приводит к тому, что фрагментированные системы учета и планирования не способны обеспечить целостную картину, что вызывает необходимость во внедрении сквозной цифровой платформы, интегрирующей все этапы жизненного цикла продукта — от генерации идеи до его утилизации [2].

Современные системы управления предприятием эволюционировали, чтобы удовлетворить сложные запросы наукоемких отраслей. Их сила заключается не просто в наличии отдельных программ для учета или планирования, а в их глубокой взаимосвязи, создающей целостную цифровую среду. Одним из важнейших элементов является тесная интеграция с системами, которые управляют всем жизненным циклом изделия — от первоначальной идеи до утилизации. Такая система становится единым и достоверным источником всей информации о продукте: здесь хранятся трехмерные модели, чертежи, технические спецификации и результаты испытаний. Когда инженер вносит в такую систему изменение в конструкцию, это не просто обновление файла. Система управления предприятием автоматически запускает целый ряд проверок: оценивает, какие запасы материалов на складе становятся ненужными, какое производственное оборудование потребует перенастройки, и как эти правки повлияют на итоговую стоимость продукта и сроки его выпуска. Это позволяет избежать ситуации, когда цех продолжает работать по устаревшим документам [3].

Одновременно с этим, модуль для управления проектами в таких системах стал гораздо более мощным. Он позволяет руководить не отдельными задачами, а всем портфелем исследовательских и конструкторских проектов. С его помощью можно оптимально распределять не только деньги, но и самый ценный ресурс — время уникальных специалистов и дорогостоящего научного оборудования. Например, система может автоматически составить график, который минимизирует простои редкого и критически важного испытательного стенда, учитывая занятость инженеров разных профилей [4]. Для планирования производства используются сложные алгоритмы, которые учитывают сотни факторов одновременно: доступность специфических материалов, квалификацию рабочих, необходимость профилактики сложных станков. Что касается финансов, то учет затрат ведется особым образом, гибридным: можно видеть, сколько денег потрачено на конкретный исследовательский проект, и одновременно — как эти затраты распределяются по разным стадиям создания продукта. Это дает руководству беспрецедентно точное понимание того, какие именно инновации приносят наибольшую отдачу.

Экономические аспекты также являются серьезным препятствием. Прямые затраты на покупку лицензий на программное обеспечение, оплату услуг консультантов по внедрению и обновление компьютерной инфраструктуры могут достигать астрономических сумм. При этом срок окупаемости этих инвестиций измеряется годами, а часто и десятилетиями. Более того, ключевые преимущества от внедрения — такие как ускорение процесса создания нового продукта, улучшение координации между отделами или повышение качества принимаемых решений — носят стратегический характер. Их чрезвычайно трудно перевести в конкретные денежные цифры и показать в отчете о прибылях и убытках, что делает обоснование таких крупных затрат перед собственниками или инвесторами весьма непростой задачей. Ключевыми

факторами успеха становятся: планомерное изменение корпоративной культуры, интеграция разрозненных информационных потоков и тщательное обоснование инвестиций с учетом как прямых затрат, так и стратегических преимуществ. Технологическая составляющая проекта должна быть неразрывно связана с кадровой работой и оптимизацией бизнес-процессов [5].

Будущее систем управления для наукоемких производств лежит в их трансформации из инструментов для ведения учета и автоматизации рутинных операций в интеллектуальные платформы, которые активно помогают людям принимать стратегические решения. Эта эволюция тесно связана с внедрением передовых технологий. Одним из ключевых направлений является оснащение физического оборудования — от опытных установок в лабораториях до станков в цехах — датчиками, которые в реальном времени собирают информацию о их работе, температуре, вибрации и других параметрах. Поток этих данных позволяет системе не просто фиксировать события, но и анализировать их, предсказывая, например, когда критически важный прибор вероятно выйдет из строя и потребует профилактики, что позволит избежать срыва дорогостоящего эксперимента.

Искусственный интеллект и машинное обучение приносят в управление прогностические возможности. Система может анализировать огромные массивы данных из прошлых проектов — сроки, затраты, результаты испытаний — и выявлять скрытые закономерности. На основе этого она может предупреждать менеджеров о рисках срыва сроков нового проекта, рекомендовать оптимальное распределение ресурсов или даже предлагать наиболее перспективные направления для исследований, анализируя глобальные тренды и научные публикации. Наиболее революционной является концепция «Цифрового двойника» — создания точной виртуальной копии реального продукта или даже всей производственной линии. В таком цифровом двойнике можно проводить виртуальные испытания, менять параметры и мгновенно видеть, как эти изменения повлияют на характеристики изделия, не тратя миллионы на изготовление и тестирование физических прототипов. В этой модели система управления становится мозговым центром всего предприятия, который не только отражает происходящее в реальности, но и позволяет его моделировать, оптимизировать и предсказывать его будущее, кардинально повышая эффективность и снижая риски наукоемкого производства [6].

Анализ современных подходов к управлению наукоемким производством показывает, что эффективное использование ERP-систем требует комплексного решения. Специфика таких производств — высокая неопределенность, проектный характер работы и важность управления знаниями диктует необходимость глубокой интеграции всех функциональных модулей в единое информационное пространство [7].

Таким образом, успех внедрения определяется не только технологическими решениями, но и грамотным управлением организационными изменениями. Синергия между технологиями, процессами и персоналом позволяет превратить ERP-систему из инструмента автоматизации в стратегический актив для прогнозирования и планирования развития наукоемкого предприятия.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- [1] Федеральная служба государственной статистики. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/14477> (дата обращения 28.10.2025).
- [2] Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации. URL: <https://ac.gov.ru/events/045456.html> (дата обращения 28.10.2025).
- [3] Иванов А.В. *Управление наукоемким производством: современные вызовы и решения*. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2022, 156 с.
- [4] Петрова С.М., Козлов Д.И. *Цифровая трансформация промышленных предприятий*. Санкт-Петербург, Профессия, 2023, 89 с.
- [5] Сидоров В.П. *ERP-системы в высокотехнологичных отраслях: от внедрения к развитию*. Москва, Финансы и статистика, 2021, 203 с.
- [6] Федоров К.А. Управление инновационными проектами в условиях цифровой экономики. *Инновации*, 2023, № 5, с. 45–52.
- [7] Яковлев М.С. *Интеллектуальные системы управления производством*. Москва, Техносфера, 2020, 174 с.

Modern approaches to managing high - tech manufacturing based on ERP systems

Pererva Olga Leonidovna

peperva@bmstu.ru

Golubkova Dar'ya Alexandrovna

gda21km036@student.bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

Effective management of high-tech production is critically important for technological sovereignty. Implementing modern ERP systems becomes a strategic necessity, integrating project management, product data, and analytics into a single ecosystem. This not only optimizes processes but also creates a foundation for innovation and workforce development in the digital economy.

Keywords: *high-tech manufacturing, ERP systems, innovation management, digital transformation, intelligent platforms, digital twins, project management*

УДК 004.89

Применение искусственного интеллекта в сфере бизнеса

Перерва Ольга Леонидовна

pererva@bmstu.ru

Новокшенов Дмитрий Иванович

ndi22km121@student.bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Современная бизнес-среда характеризуется исключительно высокой динамикой, глобализацией конкуренции и ростом объемов данных. В этих условиях традиционные методы управления и оптимизации бизнес-процессов зачастую оказываются недостаточно эффективными. Компании вынуждены искать новые инструменты для повышения производительности, снижения издержек и увеличения гибкости. Искусственный интеллект, представляющий собой совокупность технологий, позволяющих машинам имитировать когнитивные функции человека, становится ключевым драйвером цифровой трансформации.

Ключевые слова: искусственный интеллект, оптимизация бизнес-процессов, машинное обучение, аналитика, цифровая трансформация, эффективность, автоматизация

Внедрение искусственного интеллекта трансформирует подходы к управлению операциями, выводя автоматизацию на качественно новый уровень. Можно выделить три основных направления, где применение ИИ имеет наиболее значительный эффект.

Одним из важнейших направлений считается интеллектуальная автоматизация. Хотя традиционные системы автоматизации (RPA) успешно автоматизируют рутинные, основанные на правилах задачи, они не способны обрабатывать исключения или работать с неструктурированной информацией.

Интеграция RPA с технологиями ИИ, такими как компьютерное зрение и обработка естественного языка (NLP), создает «когнитивных роботов», обладающих гибкостью и способностью к обучению [1].

Автоматизация работы с документами: ИИ-алгоритмы могут извлекать ключевую информацию из счетов-фактур, договоров или писем, даже если они представлены в разных форматах (PDF, сканированные изображения, электронные письма). Это кардинально ускоряет процессы в бухгалтерии, юридическом отделе и отделе закупок.

Обслуживание клиентов: интеллектуальные чат-боты и виртуальные ассистенты, использующие NLP, понимают контекст запроса, анализируют его эмоциональную окраску и решают до 80 % типовых вопросов без участия человека, обеспечивая поддержку 24/7.

Подбор персонала: системы на основе ИИ проводят первичный скрининг сотен резюме, выявляя наиболее релевантных кандидатов по заданным критериям, что значительно экономит время рекрутеров.

Второе направление — предиктивная аналитика и прогнозирование на основе машинного обучения [1].

Машинное обучение (ML) лежит в основе предиктивной аналитики, позволяя не просто анализировать исторические данные, но и выявлять в них сложные, неочевидные закономерности для построения точных прогнозов.

Управление цепями поставок: алгоритмы прогнозируют спрос на продукцию с учетом сезонности, маркетинговых активностей и макроэкономических факторов. Это позволяет оптимизировать уровни складских запасов, избегая как дефицита, так и затоваривания. Кроме того, ИИ предсказывает возможные сбои в логистических маршрутах [2].

Маркетинг и управление клиентским опытом: ИИ сегментирует клиентскую базу и прогнозирует индивидуальную склонность к покупке или оттоку. Это позволяет персонализировать рекламные предложения и удерживать наиболее ценных клиентов.

Переход к управлению бизнес-процессами на основе ИИ сопряжен не только с получением значительных преимуществ, но и с преодолением серьезных вызовов [3].

Реальные примеры внедрения демонстрируют впечатляющие результаты. Кейс в логистике (Amazon): использование ИИ для оптимизации складской логистики и маршрутов доставки «последней мили» позволило сократить время выполнения заказа и логистические издержки на миллионы долларов. Складские роботы-носильщики, управляемые ИИ, повысили производительность складов примерно на 40–50 %.

Кейс в финансах (JPMorgan Chase): внедрение системы COIN для анализа кредитных договоров сократило время обработки документов с 360 000 человеко-часов в год до нескольких секунд, практически полностью исключив ошибки, связанные с «человеческим фактором».

Кейс в ритейле (Netflix): рекомендательная система, основанная на сложных алгоритмах машинного обучения, генерирует более 80 % просматриваемого контента. Это напрямую влияет на удержание клиентов, снижая текучку и увеличивая пожизненную ценность клиента [4].

Ключевые достигаемые эффекты: радикальное повышение производительности труда, значительное снижение операционных расходов, увеличение скорости и точности принимаемых решений, повышение качества обслуживания клиентов и их лояльности.

Несмотря на потенциал, массовому внедрению ИИ препятствует ряд барьеров.

Высокие первоначальные инвестиции и сложность интеграции: затраты на разработку или приобретение ПО, мощное вычислительное оборудование и привлечение дорогостоящих специалистов могут быть неподъемными для среднего бизнеса. Кроме того, интеграция ИИ с устаревшими ИТ-системами является сложной инженерной задачей.

Проблема качества данных: эффективность любой ML-модели напрямую зависит от объема, релевантности и чистоты данных, на которых она обучается. Разрозненные, некачественные данные приводят к ошибочным выводам и решениям [5].

Кадровый дефицит и сопротивление персонала: острый дефицит квалифицированных специалистов на рынке труда затрудняет реализацию проектов. Одновременно с этим возникает сопротивление сотрудников, которые боятся, что автоматизация лишит их рабочих мест.

Алгоритмическое смещение: модели ИИ могут унаследовать и усилить предвзятость, заложенную в исторических данных (например, дискриминация по полу или расе при подборе персонала).

«Эффект черного ящика»: сложность интерпретации решений, принимаемых глубокими нейронными сетями, порождает вопросы доверия и ответственности.

Кибербезопасность и конфиденциальность: централизация больших объемов данных для обучения ИИ делает их привлекательной мишенью для хакеров, создавая риски утечек конфиденциальной информации.

Эволюция искусственного интеллекта не стоит на месте, и в ближайшие годы можно ожидать качественного изменения его роли — от инструмента оптимизации до фундаментального элемента бизнес-стратегии. Ключевые перспективы развития связаны с переходом к более сложным, интегративным и автономным системам [6].

Следующим логическим шагом является создание бизнес-процессов, которые не просто автоматизированы, но способны к непрерывной самооптимизации без постоянного вмешательства человека.

Замкнутые циклы оптимизации: ИИ-системы будут не только выявлять узкие места и неэффективности, но и автоматически тестировать гипотезы по их устранению.

Адаптивная бизнес-логика: правила и логика ключевых процессов (логистики, ценообразования, управления запасами) станут динамическими.

Модели, подобные GPT, выходят за рамки анализа данных и открывают возможности для принципиально новых способов работы.

Автоматизация когнитивного труда: генеративный ИИ сможет самостоятельно создавать сложные документы (технические задания, бизнес-планы, юридические заключения), писать код для автоматизации задач, генерировать дизайн-макеты и маркетинговые материалы, трансформируя процессы, которые ранее считались исключительно творческими и человеко-емкими [6].

Гиперперсонализация взаимодействия: вместо шаблонных рассылок, генеративный ИИ будет создавать уникальный контент для каждого клиента — от персонализированных коммерческих предложений до индивидуальных обучающих программ и сценариев обслуживания, что кардинально повысит качество клиентского опыта.

Интуитивные интерфейсы управления: управление сложными бизнес-системами будет осуществляться через естественно-языковые интерфейсы. Менеджер сможет получать ответы на запросы типа: «Проанализируй, почему упали продажи в Сибири на прошлой неделе, и предложи три варианта действий», а ИИ не только предоставит отчет, но и сгенерирует слайды для презентации.

Будущее ИИ лежит в создании открытых платформ и экосистем, которые сделают технологии доступными для компаний любого масштаба.

Демократизация доступа через AlaaS: малый и средний бизнес, не имеющий ресурсов для собственных R&D-центров, сможет подключать мощные ИИ-модули (для аналитики, чат-ботов, прогнозирования) по подписке, как сегодня подключают облачные сервисы [7].

Однако успешная реализация этого потенциала требует от компаний комплексного подхода. Технологический аспект внедрения неотделим от организационного и этического.

Преодоление барьеров, связанных с высокими затратами, качеством данных, кадровым дефицитом и рисками алгоритмической предвзятости, является критически важным условием. Таким образом, компании, которые смогут не только внедрить передовые ИИ-решения, но и адаптировать к ним свою организационную структуру, корпоративную культуру и систему управления рисками, получат долгосрочное стратегическое преимущество в новой, цифровой экономике.

Список источников

- [1] Дзвенпорт Т.Х., Ронанки Р. Искусственный интеллект в бизнесе: как добиться реальных результатов от машинного обучения и когнитивных технологий. Москва, Манн, Иванов и Фербер, 2020, 288 с.
- [2] Каплан Д. Искусственный интеллект: Что нужно знать каждому. Москва, Эксмо, 2021, 224 с.
- [3] Рассел С., Норвиг П. Искусственный интеллект: современный подход. Москва, Вильямс, 2021, 1120 с.
- [4] Шолле Ф., Паллес Т. Глубокое обучение на Python. Санкт-Петербург, Питер, 2022, 480 с.
- [5] О'Нил К. Оружие математического поражения: Как Big Data увеличивает неравенство и угрожает демократии. Москва, АСТ, 2018, 352 с.
- [6] Искусственный интеллект в российском бизнесе. Аналитический обзор. URL: <https://ac.gov.ru/events/045456.html> (дата обращения 28.10.2025).
- [7] Искусственный интеллект в цифровой трансформации: статистика и перспективы. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/14477> (дата обращения 28.10.2025).

The use of artificial intelligence in business

Pererva Olga Leonidovna

peperva@bmstu.ru

Novokshonov Dmitriy Ivanovich

ndi22km121@student.bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

The modern business environment is characterized by exceptionally high dynamics, globalized competition, and growing volumes of data. In this context, traditional methods of managing and optimizing business processes often prove ineffective. Companies are forced to seek new tools to improve productivity, reduce costs, and increase flexibility. Artificial intelligence, a set of technologies that enable machines to imitate human cognitive functions, is becoming a key driver of digital transformation. Unlike standard software solutions, AI-based systems are capable of self-learning, analyzing unstructured information, and making complex decisions under uncertainty. The relevance of this topic stems from the widespread penetration of AI into various sectors of the economy from logistics and finance to marketing and human resources.

Keywords: Artificial intelligence, business process optimization, machine learning, analytics, digital transformation, efficiency, automation

УДК 004.946

Технологии дополненной реальности: практика использования в промышленности

Перерва Ольга Леонидовна

pererva@bmstu.ru

Теплый Юрий Андреевич

teplyyyyua@student.bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Рассмотрены современные практики применения технологий дополненной реальности (AR) в промышленном производстве. Современная промышленность переживает этап глубокой цифровой трансформации, движимой развитием технологий Индустрии 4.0 и 5.0, где ключевую роль играет интеграция человека и передовых систем. В этих условиях дополненная реальность выступает как шаг к преобразованию, предлагая инновационные решения для повышения эффективности, безопасности и снижения затрат. Основное внимание уделено ключевым направлениям внедрения AR, таким как обслуживание, сборка и обучение, используемым технологическим решениям и основным вызовам.

Ключевые слова: дополненная реальность, промышленность, производство, обучение, эффективность, цифровая трансформация

Современные технологии дополненной реальности (Augmented Reality, AR) продемонстрировали феноменальные возможности в некоторых отраслях своего применения и уже становятся продуктами общего потребления. Потенциал данной технологии уже начал раскрываться и в конкретных производственных задачах, трансформируя ключевые операционные процессы. Применение AR-технологий уже начало выходить за рамки единичных экспериментов, становясь эффективным инструментом в областях, как обслуживания, сборки и контроль качества.

Основными направлениями внедрения AR-технологий в промышленности, где они оказывают большее влияние, являются техническое обслуживание и ремонт, сборка и логистика, обучение и подготовка персонала.

Наиболее ярко преимущества дополненной реальности проявляются в сфере технического обслуживания и ремонта. Это направление является одним из самых востребованных в данной технологии. Яркий пример ее использования — удаленная экспертиза. Оно позволяет специалисту, находящемуся в центральном офисе или в другом месте, видеть поле зрения полевого инженера через AR-очки и накладывать видео аннотации, схемы, инструкции или даже 3D-модели для диагностики продукта или иного устройства. Это значительно сокращает время решение нештатных ситуаций и минимизирует ошибки, особенно в случаях работы со сложным или же редким оборудованием. Российские компании активно развивают данное направление, в рамках которого создаются прототипы и пробное программное обеспечение, подобное уже произведенному VR-тренажеру для обучения

обслуживанию аппаратов МРТ и КТ [1]. Этот проект, хоть и не предполагает AR-очков, но он служит предвестником тренда на развитие в сторону мобильных устройств, разработка которых уже ведется.

Помимо ремонта, AR-технологии кардинально меняют подходы к сборке и логистике на производстве и не только. В условиях сложной и многоэтапной сборки можно применять AR-технологии, как проецирования инструкций непосредственно на рабочий узел. Это позволит сократить время операций и практически исключить ошибки, связанные с человеческим фактором. На складах AR-системы, могут помочь операторам в режиме реального времени видеть структуру оптимальных маршрутов для отбора товара по визуальным маркерам, это ускоряет процесс сортировки и отправки необходимого товара, что впоследствии снижает нагрузку на сотрудников. Несмотря на то, что данное направление все еще находится на экспериментальной стадии, оно уже демонстрирует положительные результаты в снижении количества ошибок человека и улучшении общей организованности в логистике на определенных площадях. Так, эксперимент компании DHL, крупнейшей международной компании по доставке грузов и документов, подтвердил, что внедрение AR-технологий позволило повысить эффективность процесса комплектации заказов на 25 % [2].

Однако для столь эффективной работы персонала необходима качественная подготовка, что обеспечивается при помощи более развитого направления «подготовки персонала». Это крупнейшее направление в применение AR-технологий. Есть множество различных компаний и даже сфер, где применяется данный тип технологий. В этом направлении фокус внимания проводится на обрабатывании действий в смоделированных ситуациях или происходит освоение нового дорогостоящего оборудования без риска его повреждения. В контексте современных рыночных тенденций такой способ обучения является более привлекательным. Для анализа преимуществ внедрения VR-тренажеров существует обширный методологический аппарат, однако центральное место не занимает подход, сущность которого заключается в следующем: «Расчет отношения затрат на обучение с применением VR-тренажера к затратам на обучение с использованием реального оборудования» [3]. Активное развитие данного направления в России иллюстрируют такие проекты, как:

- программно-аппаратный комплекс по «Электросварка» или тренажер сварки HTC VIVE + trackers;
- тренажер КАМАЗ-6355 «Артика»;
- тренажер буровой установки для геологоразведочного бурения методом ССК на твердые полезные ископаемые (колонковое бурение) ZBO S15.

Эти направления использования технологии лишь показывают, как AR-технологии уже сегодня трансформируют традиционные производственные процессы, повышая их эффективность и безопасность.

Также стоит обратить на идеи применения технологии и от других стран. Рассмотрим современный взгляд на развитие AR-технологий из Китая.

На выставке 2025 World VR Industry Conference было показано очень много примеров применения технологий дополненной реальности как в быту человека, так и в промышленности. Для промышленного сектора были продемонстрированы технологии, совмещенные с искусственным интеллектом имеющих синергетический эффект, трансформируя традиционные производственные процессы. Компания China Unicom представила один из прорывных прототипов концептов системы способной визуализировать производственные процессы для оптимизации логистики и контроля качества под названием 5G+ Industrial Internet. Концепция 5G+ Industrial Internet подразумевает использования технологий пятого поколения [4]. Данная концепция подразумевает массовое подключение устройств (mMTC) к единой сети камер, множества датчиков, камер и AR/VR-устройств, создавая единое информационное пространство цеха или даже завода. За счет высокой пропускаемой способности (eMBB), данная система также имеет и визуализацию на многочисленные устройства, чтобы AR-устройства могли выводить сложную графику и 3D-модели в реальном времени без задержки и каких-либо сложностей с точки зрения получения данных с головного сервера. В качестве вывода, представленная концепция 5G+ Industrial Internet служит наглядным примером формирования комплексной цифровой среды предприятия, где AR-технологии становятся ее глазами.

Таким образом, технологии дополненной реальности прочно утвердились в промышленности как эффективный инструмент, обеспечивающий значительное повышение эффективности технического обслуживания, сборки, логистики и обучения персонала. Основными преимуществами их внедрения являются: снижение ошибок, ускорения процессов обслуживания и ремонта, минимизация затрат в оптимизации маршрутов и затрат в обучении нового персонала без риска поломки критически важного оборудования. Перспективы развития AR неразрывно связаны с их интеграцией в более масштабные цифровые экосистемы, примером чему служит китайская концепция 5G+ Industrial Internet. Дальнейшее распространение AR-решений будет способствовать формированию единого информационного пространства, локализованного на предприятии, где человек и технологии действуют в эффективной синергии.

Список источников

- [1] Недюк М. *Врачуемые игры: медицинских инженеров будут обучать в виртуальной реальности*. URL: <https://iz.ru/1804874/> (дата обращения 24.10.2025).
- [2] *DHL successfully tests augmented reality application in warehouse*. URL: <https://www.dhl.com/global-en/delivered/innovation/dhl-successfully-tests-augmented-reality-application-in-warehouse.html> (accessed 25.10.2025).
- [3] *VR и обучение персонала. За и против*. URL: <https://habr.com/ru/articles/730986/> (дата обращения 24.10.2025).
- [4] Фань Ж. Обзор промышленного интернета 5G+ (Overview of 5G+ Industrial Internet). *VI Междунар. конф. по образованию, менеджменту и социальным наукам (ISEMSS 2022): сб. тр.* Atlantis Press, 2022, с. 1031–1039.

Augmented reality technologies: practical applications in industry

Pererva Olga Leonidovna

pererva@bmstu.ru

Teply Yury Andreevich

teplyyyyua@student.bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

The article examines current practices of using augmented reality (AR) technologies in industrial manufacturing. Modern industry is undergoing a stage of profound digital transformation, driven by the development of Industry 4.0 and 5.0 technologies, where the integration of humans and advanced systems plays a key role. In this context, augmented reality acts as a step towards this transformation, offering innovative solutions to improve efficiency, safety, and reduce costs. The main focus is on key areas of AR implementation, such as maintenance, assembly, and training, the technological solutions used, and the main challenges.

Keywords: *augmented reality, industry, manufacturing, training, efficiency, digital transformation*

УДК 65.015.145

Система MODAPTS как способ совершенствования системы нормирования труда

Перерва Ольга Леонидовна

pererva@bmstu.ru

Васешенков Дмитрий Владимирович

vaseshenkovdv@student.bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Рассмотрена система MODAPTS как современный инструмент совершенствования нормирования труда на промышленных предприятиях. Проанализированы проблемы применения устаревших нормативных справочников, разработанных в условиях плановой экономики. Выявлены ключевые негативные последствия использования устаревших норм, включая необоснованное завышение штатной численности и искажение калькуляции себестоимости. Представлены принципы работы микроэлементной системы MODAPTS, ее ключевые коды и нормативные единицы (МОДы). Основные выводы подтверждают, что внедрение системы позволит создать научно-обоснованную базу для повышения производительности труда и конкурентоспособности предприятий.

Ключевые слова: нормы времени, нормирование, MODAPTS, МОДАБС, нормативы

В современных экономических условиях предприятия сталкиваются с необходимостью пересмотра подходов к организации производственных процессов. Особую актуальность приобретают вопросы повышения эффективности использования трудовых ресурсов, что напрямую связано с совершенствованием системы нормирования труда.

Для предприятий с длительной историей функционирования эта проблема стоит особенно остро, поскольку действующие системы нормирования зачастую базируются на устаревших методиках и нормативах, не соответствующих современным организационно-техническим условиям производства. Особое значение приобретает использование микроэлементных систем нормирования, которые обеспечивают высокую точность установления нормативов и способствуют выявлению скрытых резервов повышения производительности труда.

Нормирование труда представляет собой вид управленческой деятельности по установлению необходимых затрат рабочего времени на выполнение элементов производственного процесса (операций) в конкретных организационно-технических условиях [1].

Целью нормирования труда является не просто фиксация временных затрат, а создание научно обоснованной базы для эффективного использования всех трудовых, материальных и технических ресурсов.

Нормирование по нормативным справочникам представляет собой сложный комплекс методов и подходов, следует отметить, что создание данной нормативной базы осуществлялось в условиях плановой экономики, где до-

минирующей задачей нормирования являлось обеспечение выполнения производственных программ в рамках централизованной системы управления.

Проведенный анализ системы дает понять, что применяемые нормативы изначально создавались для условий крупносерийного и массового производства со стабильной номенклатурой выпуска.

Эти документы стали результатом масштабной работы по унификации нормирования в машиностроительной отрасли и до сих пор остаются главным инструментом расчета трудоемкости операций на предприятии.

Полученные данные в результате хронометражей, проходили сложную процедуру статистической обработки по методикам, утвержденным отраслевым институтом, после чего формировались в виде табличных нормативов. Фундаментальной проблемой современного этапа развития стал значительный технологический разрыв между условиями, для которых создавались нормативы, и реальным состоянием производственного оборудования [2].

Станки, для которых разрабатывались эти нормативы, в значительной степени устарели и были заменены современными обрабатывающими центрами с числовым программным управлением. Нормы, рассчитанные на ручное управление и низкие скорости обработки, оказались принципиально непригодными для высокопроизводительного оборудования с автоматизированным рабочим циклом.

Также систематическое применение устаревших норм порождает комплекс взаимосвязанных управленческих проблем, затрагивающих ключевые аспекты производственного планирования и экономики предприятия.

Расчет необходимой численности персонала осуществляется на основе завышенной трудоемкости, что приводит к необоснованному завышению штатной численности рабочих. Определение плановой выработки теряет связь с реальными производственными возможностями, создавая искаженную картину эффективности работы производственных участков.

Наиболее серьезные последствия устаревшей системы нормирования проявляются в области калькуляции себестоимости и ценообразования. Завышенная трудоемкость технологических операций ведет к неверному расчету заработной платы основных производственных рабочих в структуре себестоимости.

Это приводит к формированию некорректной цены изделия — предприятие рискует нести убытки при реализации продукции по ценам, не покрывающим реальные затраты, либо необоснованно завышать цены, теряя конкурентоспособность на рынке. Особенную остроту эта проблема приобретает в условиях участия в тендерных закупках, где ценовой фактор часто становится решающим.

В условиях обострения конкурентной борьбы на рынке машиностроительной продукции ошибки в определении себестоимости могут иметь критически негативные последствия для финансовой устойчивости предприятия.

Для решения данных проблем необходима методика, обеспечивающая высокую точность, объективность и аналитическую глубину. Таким инстру-

ментом является система МОДАБС, что расшифровывается как «Модульная система стандартов заданного времени».

Ключевой принцип данного способа заключается в использовании заранее разработанных модулей — нормативов времени на выполнение элементарных трудовых движений (микроэлементов) [3]. Эти модули являются заданными (унифицированными) и базируемыми (составляют основу для расчета норм времени на любую операцию путем их суммирования).

Нормативное время в системе измеряется в «МОДах» (Микроэлементная Организационная Единица), где 1 МОД = 0,000215 минуты = 0,0129 секунды.

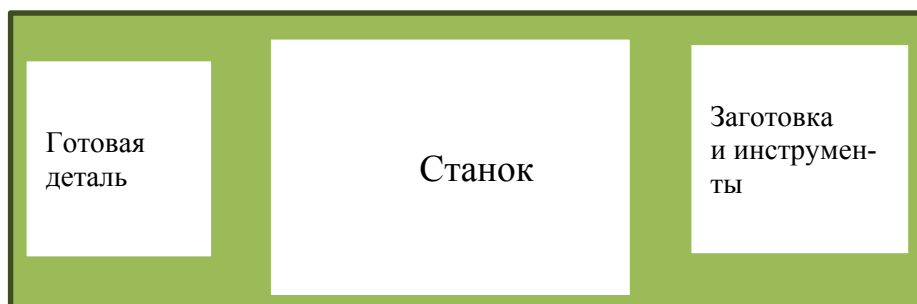
Система использует логичную классификацию кодов, основные из которых представлены в таблице.

Пример кодов в системе нормирования МОДАБС

Код	Наименование микроэлемента	Описание	Норма времени (количество модов)
B1	Взять	Простой захват крупного предмета	12
B2	Взять	Захват предмета среднего размера, лежащего среди других	16
П10	Переместить	Переместить руку на 10 см	10
П20	Переместить	Переместить руку на 20 см	12
П30	Переместить	Переместить руку на 30 см	18
У1	Установить	Простое соединение деталей	12
У2	Установить	Соединение с небольшой приновкой	20
У3	Установить	Точное соединение или установка	32
О1	Освободить	Простое раскрытие пальцев	4
О2	Освободить	Освобождение с выравниванием или нажимом	10
Р30	Повернуть	Вращательное движение на 30°	8
Р60	Повернуть	Вращательное движение на 60°	12

Без рациональной организации рабочего места система МОДАБС будет лишь фиксировать потери, а не устранять их. Поэтому первым и обязательным этапом стала реализация принципов Бережливого производства «5С». Пример организации рабочего места, реализованного в соответствии с принципами системы «5С», представлен на рисунке.

Внедрение системы МОДАБС кардинально изменит процесс нормирования. Если ранее установление нормы времени на одну операцию занимало в среднем 5 минут (с учетом поиска в справочниках, расчетов и оформления документации), то после внедрения системы этот показатель сократился до 26 секунд.



Пример организации рабочего места **проверьте рисунок, он не сгруппирован**

Основные временные затраты инженеров-нормировщиков до и после внедрения:

- поиск аналогов в справочниках: с 3–4 минут до 5 секунд;
- выполнение расчетов: с 1–1,5 минут до 15 секунд;
- оформление документации: с 1 минуты до 6 секунд.

Столь значительное сокращение времени нормирования обусловлено автоматизацией расчетных процедур и наличием единой базы нормативных данных. Инженеры-нормировщики получили возможность оперативно получать обоснованные нормативы без необходимости выполнения рутинных вычислений и поиска информации в различных нормативных справочниках.

Кратное сокращение времени на нормировочные работы высвободило ресурсы инженеров-нормировщиков для решения стратегических задач развития производства.

Полученные результаты показали, что, несмотря на наличие развитой производственной базы и исторически сложившейся системы нормативов, предприятие сталкивается с рядом системных проблем, которые существенно снижают эффективность использования трудовых ресурсов и конкурентоспособность выпускаемой продукции.

Таким образом, формирование современной системы нормирования на основе микроэлементных методов должно стать стратегическим направлением развития предприятий. Реализация предложенных мер позволит не только устранить текущие дисбалансы в организации труда, но и создать устойчивую основу для долгосрочного роста производительности, повышения операционной эффективности и укрепления конкурентных позиций предприятия на рынке машиностроительной продукции.

Список источников

- [1] ГОСТ 19605–74. *Организация труда. Основные понятия. Термины и определения.* Москва, Государственный комитет СССР по управлению качеством продукции и стандартам, 1974, 4 с.

- [2] Иванов И.Н., Беляев А.М. *Организация труда на промышленных предприятиях*. Москва, Юрайт, 2025, 305 с.
- [3] Hu X. Research on the application of MOD method, the core technology of industrial engineering. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2021, vol. 692, no. 4, art. no. 042101.

The MODAPTS system as a method for improving the labor standardization system

Pererva Olga Leonidovna

pererva@bmstu.ru

Vaseshenkov Dmitry Vladimirovich

vaseshenkovdv@student.bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

This article examines the MODAPTS system as a modern tool for improving labor standardization at industrial enterprises. It analyzes the problems associated with the application of outdated normative reference books developed under the conditions of a planned economy. The key negative consequences of using obsolete norms are identified, including unjustified overstatement of staffing levels and distortion of cost calculation. The principles of the MODAPTS microelement system, its key codes, and normative units (MODs) are presented. The main conclusions confirm that the implementation of the system will create a scientifically based foundation for increasing labor productivity and enterprise competitiveness.

Keywords: *time standards, standardization, MODAPTS, MODAPTS, normatives*

УДК 658.5

Этапы развития менеджмента качества: эволюция подходов и методик

Перерва Ольга Леонидовна

pererva@bmstu.ru

Зубарева София Юрьевна

zubarevasyu@student.bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Рассмотрена эволюция менеджмента качества, начиная с конца XIX века до современных подходов. Показано, как менялись акценты — от контроля конечной продукции к управлению процессами, вовлечению персонала, системному документированию и стратегическому планированию. Проанализированы преимущества и недостатки каждого этапа, влияние ключевых теоретиков на практику управления, а также роль сертификации и стандартизации в повышении конкурентоспособности предприятий, в том числе в российской экономике.

Ключевые слова: менеджмент качества, этапы развития, TQC, TQM, статистические методы, тотальный контроль, всеобщее управление качеством, сертификация, интеграционные системы, конкурентоспособность

Менеджмент качества представляет собой совокупность методов и практик, направленных на обеспечение и улучшение уровня качества продукции и услуг [1]. Исследование истории развития менеджмента качества обусловлено его значением для эффективного функционирования организаций в условиях глобализованного рынка. Современные компании, стремящиеся к высоким стандартам качества, требуют инновационных подходов и глубокого понимания эволюции концепций, методов и инструментов, использующихся в этой области.

История развития менеджмента качества представляется как последовательный процесс, начиная с конца 19 века.

Первый этап (конец XIX — начало XX века): в этот период начинается применение статистических методов для контроля качества. Основной фигурой этого этапа стал Фредерик Тейлор, который в первой половине XX века разработал концепцию управляемого контроля качества, используя статистические методы для минимизации производственных дефектов.

Из недостатков концепции было выделено, что на начальной стадии менеджмента качества акцентировалось внимание на контроле конечного продукта, а не на процессе его создания, а также отсутствие комплексного видения, ведущее к проблемам управления этапом производственного процесса [2].

На следующем этапе развития, который стартовал в 1924 г., качество начало восприниматься как единый процесс, а не как характеристика отдельного элемента. Исследователи начали внедрять статистические методы контроля качества, опираясь на математическую статистику, что обеспечивало более эффективное управление качеством. Впервые в 1924 г. изучение качества как процесса было организовано в компании Bell Telephone Laboratories

под руководством Р.Л. Джонса, который заложил статистические основы для этой области. Э. Деминг продолжил идеи Джонса, разработав методы статистического управления качеством и 14 принципов менеджмента, которые стали популярны на японских предприятиях [2]. За Демингом выступил Д. Джуран, который предложил концепцию ежегодного улучшения качества (AQI)- сосредоточенность на стратегических решениях высокой конкурентоспособности и долгосрочных результатах.

Для реализации концепции AQI на предприятии разрабатывается комплекс мероприятий, предусматривающий составление ежегодной программы улучшения качества; разработку методов улучшения качества, его измерения и оценки; обучение статистическим методам и их внедрение в практику [3]. Цель второго этапа заключалась в создании единого производственного процесса и его стабильном применении, а также в снижении издержек. Э. Деминг и Д. Джуран применяли процессный подход для улучшения системы менеджмента качества, выделяя ключевые процессы, которые имели решающее значение для достижения целей компании [4]. К недостаткам концепции можно отнести систематический сбор и анализ данных, которые требуют значительных временных и человеческих ресурсов.

В 1950 г. была разработана теория тотального контроля качества (TQC), направленная на выявление и устранение несоответствий стандартам на всех этапах — от разработки продукции до оценки материалов и организации производства. Суть TQC заключается в выделении ключевых факторов, влияющих на качество, с учетом их взаимосвязи: воздействие на один фактор требует прогнозирования изменений в другом. Для комплексного управления необходим анализ всех этапов производственной деятельности и взаимодействия отделов [5]. Мотивация сместилась в сторону морального поощрения. Кроме того, системы качества стали официально документироваться и сертифицироваться независимыми организациями [6].

Для обеспечения комплексности контроля и управления качеством необходимо учитывать все этапы производства, четкую взаимосвязь подразделений, участвующих в решении проблем качества. Например, для рассмотрения претензий потребителей заранее должны быть установлены исполнители, порядок и сроки рассмотрения и удовлетворения этих претензий [5]. TQM пришел на смену TQC, предлагая более широкий подход. Если TQC управлял только качеством продукции, то TQM рассматривает качество как непрерывный процесс, охватывающий все цели и аспекты производства.

В TQM существенно возрастает роль человека и обучения персонала. Мотивация достигает состояния, когда люди настолько увлечены работой, что отказываются от части отпуска, задерживаются на работе, продолжают работать дома. Появляется новый тип работников — «трудоголики» [7]. Обучение становится всеохватывающим и непрерывным, сопровождающим работников в течение всей их трудовой деятельности [8].

В 1990-е годы для решения не только задач качества, но и вопросов экологии, безопасности и финансов, стали развиваться интегрированные систе-

мы управления. Они представляют собой единую систему, соответствующую требованиям нескольких международных стандартов (например, по качеству и экологии), которые работают как одно целое [9].

Развитие сертификации систем качества создаст экономические, правовые, технические и организационные основы для масштабного внедрения таких систем, соответствующих международным стандартам. Это, в свою очередь, поможет решать задачу повышения конкурентоспособности продукции российских предприятий и их интеграции в международный рынок [10].

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- [1] Огвоздин В.Ю. *Управление качеством: основы теории и практики*. Москва, Дело и Сервис, 2019, 206 с.
- [2] Гладков П.С., Разумов Н.А. *Менеджмент качества*. Иваново, Ивановский государственный химико-технологический университет, 2008, 118 с.
- [3] Солдатов В.Г., Вавилин Я.А. *Менеджмент в машиностроении*. Санкт-Петербург, Лань, 2022.
- [4] Кудряцов В.В. Корпорация «BELL LABS» — фабрика научных инноваций. *Управление наукой: теория и практика*, 2021, т. 3, № 1, с. 136–168.
<https://doi.org/10.19181/smtp.2021.3.1.8>
- [5] Медунецкий В.М., Федосовский М.Е. *Качество и сертификация промышленных изделий*. Санкт-Петербург, НИУ ИТМО, 2013, 44 с.
- [6] Леонов О.А., Темасова Г.Н., Вергазова Ю.Г. *Управление качеством*. Санкт-Петербург, Лань, 2019, 180 с.
- [7] Вотинцева А.В. Эволюция системы менеджмента качества. *Теория и практика современной науки*, 2017, № 4(22), с. 177–181.
- [8] Медунецкий В.М., Федосовский М.Е. *Качество и сертификация промышленных изделий*. Санкт-Петербург, НИУ ИТМО, 2013, 44 с.
- [9] Дунченко Н.И., Янковская В.С. *Управление качеством продукции. Пищевая промышленность*. Санкт-Петербург, Лань, 2020.
- [10] Горошко А.А. История развития системы менеджмента качества в России. *Сервис в России и за рубежом*, 2007, № 4, с. 1–8.

Stages of quality management development: evolution of approaches and methodologies

Pererva Olga Leonidovna

pererva@bmstu.ru

Zubareva Sofia Yuryevna

zubarevasyu@student.bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

This article examines the evolution of quality management from the late 19th century to modern approaches. It shows how the emphasis has shifted—from final product control to process management, personnel engagement, system documentation, and strategic planning. The article analyzes the advantages and disadvantages of each stage, the influence of key theorists on management practice, and the role of certification and standardization in enhancing the competitiveness of enterprises, including in the Russian economy.

Keywords: quality management, stages of development, TQC, TQM, statistical methods, total control, total quality management, certification, integration systems, competitiveness

УДК 004.85

Применение машинного обучения для решения экономических и управленческих задач: анализ направлений и вызовов внедрения

Перерва Ольга Леонидовна

pererva@bmstu.ru

Птухин Владимир Витальевич

ptukhinvv@student.bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Рассмотрены современные тенденции внедрения технологий машинного обучения в различные секторы экономики России. Проанализированы ключевые направления применения ML в финансовом секторе, промышленности, ритейле и телекоммуникациях. Выявлены системные ограничения и барьеры массового внедрения, включая кадровый дефицит, проблемы с данными и нормативно-правовое регулирование. Показаны перспективы развития машинного обучения в контексте цифровой трансформации экономики России.

Ключевые слова: машинное обучение, цифровая экономика, искусственный интеллект, бизнес-процессы, оптимизация, прогнозная аналитика, цифровая трансформация

Современный этап развития мировой экономики характеризуется стремительной цифровизацией и переходом к экономике данных. В этих условиях традиционные методы экономического анализа и управления бизнесом зачастую оказываются недостаточно эффективными для обработки значительных объемов информации и решения усложнившихся задач. На первый план выходят технологии искусственного интеллекта, и особенно машинное обучение (ML), которое представляет собой совокупность методов, позволяющих компьютерам обучаться на основе данных без явного программирования [1].

Актуальность исследования обусловлена необходимостью комплексного анализа возможностей и ограничений внедрения ML-технологий в практику российских компаний. Цифровая трансформация экономики требует глубокого понимания не только технических аспектов, но и организационных, кадровых и нормативно-правовых вызовов, связанных с интеграцией искусственного интеллекта в бизнес-процессы.

Целью работы является системный анализ направлений применения машинного обучения в экономике России, выявление ключевых барьеров внедрения и оценка перспектив развития. Для достижения цели решаются следующие задачи: анализ исторических предпосылок развития ML, оценка современных практик внедрения в различных отраслях, идентификация системных ограничений и формирование рекомендаций по преодолению выявленных барьеров.

Методологическую основу исследования составляют системный подход, сравнительный анализ и методы статистической обработки данных. Информационную базу формируют научные публикации, отраслевые отчеты и данные практических кейсов внедрения ML в российских компаниях.

История становления машинного обучения демонстрирует преемственность научных идей и их практическую реализацию. Развитие ML прошло несколько этапов, каждый из которых вносил существенный вклад в формирование современного ландшафта технологии.

Период теоретического фундамента (1940–1950 гг.) ознаменовался формированием концептуальных основ. Работы Н. Винера по кибернетике заложили основы моделирования интеллектуального поведения через обратную связь [2]. Параллельно в Советском Союзе, несмотря на идеологическое давление, велись новаторские исследования. Академик А.А. Ляпунов подтвердил научную и практическую ценность кибернетики, заложив основы программирования и теории алгоритмов в СССР [3].

Эпоха алгоритмических прорывов (1960–1980 гг.) связана с разработкой практических методов обучения. Значительный вклад внесла советская математическая школа — теория Вапника — Червоненкиса стала краеугольным камнем статистической теории обучения [4]. Разработанная концепция VC-размерности количественно оценивает емкость моделей и лежит в основе теории обобщающей способности алгоритмов.

Современный этап (2000 г. — настоящее время) характеризуется конвергенцией трех факторов: роста объемов данных, увеличения вычислительных мощностей и теоретического прогресса.

Глубокие нейронные сети демонстрируют рекордные результаты в компьютерном зрении и обработке естественного языка. В России формируется экосистема развития ML, включающая стартапы, корпоративные R&D-центры и государственные инициативы [5].

Анализ отраслевых решений показывает разнообразие применений ML в различных секторах экономики России.

В финансовом секторе ML нашел наиболее зрелое применение. Банки используют сложные ансамбли алгоритмов для скоринга кредитных заявок, анализируя как традиционные параметры, так и альтернативные данные — цифровые следы пользователей, поведенческие паттерны [6]. Это позволяет точнее оценивать кредитные риски и сокращать потери. Системы обнаружения мошенничества на основе рекуррентных нейронных сетей анализируют транзакции в режиме, близком к реальному времени, блокируя подозрительные операции [7].

В розничной торговле революционные изменения связаны с внедрением систем рекомендаций. Алгоритмы коллаборативной и контентной фильтрации анализируют историю покупок, поведение в приложениях, содержимое корзины для персонализации предложений [8]. Прогнозные модели спроса учитывают сотни факторов — сезонность, погодные условия, активность конкурентов, что позволяет оптимизировать управление запасами и логистику [9].

В промышленности ключевое применение — предиктивное техническое обслуживание. Датчики на оборудовании постоянно передают данные о состоянии, а ML-модели выявляют аномалии, предшествующие отказам [10]. Это позволяет перейти от планового обслуживания к обслуживанию по фак-

тическому состоянию, сокращая незапланированные простои и оптимизируя затраты на ремонт.

В телекоммуникациях алгоритмы прогнозирования оттока клиентов анализируют поведенческие паттерны — частоту обращений в поддержку, изменения в потреблении трафика, платежную дисциплину [11]. Модели присваивают абонентам коэффициенты оттока, что позволяет реализовывать цели мероприятий по удержанию клиентов.

Анализ практики внедрения ML в России выявляет комплекс системных ограничений, требующих консолидированных усилий бизнеса, государства и образовательных учреждений.

Кадровый дефицит остается одной из наиболее острых проблем. Рынок испытывает недостаток специалистов, сочетающих глубокие знания в математике, программировании и предметной области [12]. Разрыв между спросом и предложением приводит к росту зарплатных ожиданий, создавая проблемы для средних и региональных компаний.

Проблемы с данными проявляются на различных уровнях. Информация хранится в разрозненных системах, требует трудоемкой очистки и нормализации [13]. Юридические ограничения, связанные с Федеральным законом № 152-ФЗ «О персональных данных», создают дополнительные барьеры для сбора и обработки данных.

Проблема «черного ящика» создает риски в чувствительных сферах. Неинтерпретируемость решений сложных моделей ограничивает их применение в кредитовании, медицине, промышленности [14]. Это стимулирует развитие объяснимого искусственного интеллекта (XAI) как отдельного направления исследований.

Высокая стоимость владения включает инфраструктурные и операционные затраты. Обучение современных моделей требует значительных вычислительных ресурсов, а поддержка — построения практик MLOps [15]. Организационное сопротивление изменениям также замедляет внедрение инноваций.

Перспективы развития ML в России связаны с несколькими ключевыми тенденциями.

Демократизация технологий через облачные платформы снижает порог входа для компаний среднего и малого бизнеса [16]. Готовые ML-сервисы позволяют использовать предобученные модели без содержания дорогостоящих команд специалистов.

Развитие генеративного ИИ открывает новые возможности автоматизации когнитивного труда.

Российские языковые модели (GigaChat, YandexGPT) могут применяться для создания интеллектуальных ассистентов, автоматизации документооборота, генерации контента [2].

Интеграция в государственное управление позволяет оптимизировать городскую инфраструктуру, мониторить использование ресурсов, прогнозировать развитие социально-экономических процессов [17].

Для реализации потенциала необходима консолидированная стратегия, включающая: инвестиции в образование и подготовку кадров; развитие нормативно-правовой базы; стимулирование межотраслевого партнерства; формирование этических стандартов использования ИИ.

Проведенное исследование демонстрирует значительный потенциал машинного обучения для цифровой трансформации экономики России. Технологии ML находят применение в различных отраслях, обеспечивая переход от реактивного к прогнозному управлению бизнес-процессами.

Ключевыми направлениями развития являются дальнейшая демократизация технологий, развитие генеративного ИИ и интеграция в государственное управление. Преодоление системных барьеров требует консолидированных усилий бизнеса, государства и научного сообщества.

Дальнейшие исследования целесообразно направить на разработку методов преодоления кадрового дефицита, создание отраслевых стандартов использования ML и формирование нормативно-правовой базы, обеспечивающей баланс между инновациями и защитой прав граждан.

Список источников

- [1] Винер Н. *Кибернетика, или управление и связь в животном и машине*. Москва, Наука, 1983, 344 с.
- [2] *Генеративный искусственный интеллект: новые возможности для бизнеса*. Отчет Сбера, 2023, 40 с.
- [3] Ляпунов А.А. *Проблемы теоретической и прикладной кибернетики*. Москва, Наука, 1980, 336 с.
- [4] Вапник В.Н. *Восстановление зависимостей по эмпирическим данным*. Москва, Наука, 1979, 448 с.
- [5] *Стратегия развития информационного общества в РФ на 2017–2030 гг.* Указ Президента РФ № 203 от 09.05.2017. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/41919> (дата обращения 21.10.2025).
- [6] Иванов А.В., Петрова С.И. Применение машинного обучения в скоринге: опыт российских банков. *Финансы и кредит*, 2021, № 15(489), с. 32–47.
- [7] Сидоров К.Л. Нейросетевые методы обнаружения мошенничества в платежных системах. *Безопасность информационных технологий*, 2022, № 4, с. 55–64.
- [8] Козлова Е.А. Системы рекомендаций как инструмент повышения лояльности в e-commerce. *Маркетинг в России и за рубежом*, 2020, № 5, с. 38–45.
- [9] Новиков Д.С. Прогнозирование спроса в ритейле с использованием машинного обучения: практические аспекты. *Логистика*, 2023, № 2, с. 60–71.
- [10] Белов Р.А. Предиктивное обслуживание оборудования на промышленных предприятиях. *Автоматизация и современные технологии*, 2022, № 8, с. 98–107.
- [11] Федорова М.И. Анализ оттока клиентов телеком-операторов с помощью методов классификации. *Экономика и управление*, 2021, № 11(185), с. 52–59.
- [12] Доклад «Рынок труда в сфере ИТ и Data Science в России 2023». Аналитический центр Нетологии, 2023, 65 с.
- [13] Орлов С.П. Управление данными в проектах машинного обучения: от сбора до развертывания. *Программная инженерия*, 2022, № 3, с. 70–79.

- [14] Семенов И.К. Проблема «черного ящика» в искусственном интеллекте и методы объяснимого AI. *Искусственный интеллект и принятие решений*, 2023, № 1, с. 110–122.
- [15] *Практическое руководство по MLOps. Опыт внедрения в крупной российской компании*. Москва, ДМК Пресс, 2022, 210 с.
- [16] *Обзор рынка облачных ML-услуг в России*. CNews Analytics, 2022, 48 с.
- [17] Смирнов В.Г. Цифровая трансформация регионов: применение AI в госуправлении. *Вопросы государственного и муниципального управления*, 2022, № 4, с. 58–73.

Application of machine learning to solve economic and managerial problems: analysis of directions and challenges of implementation

Pererva Olga Leonidovna

pererva@bmstu.ru

Ptukhin Vladimir Vitalievich

ptukhinvv@student.bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

The current trends in the introduction of machine learning technologies in various sectors of the Russian economy are considered. The key areas of ML application in the financial sector, industry, retail and telecommunications are analyzed. Systemic limitations and barriers to mass adoption have been identified, including staff shortages, data problems, and regulatory issues. The prospects for the development of machine learning in the context of the digital transformation of the Russian economy are shown.

Keywords: *machine learning, digital economy, artificial intelligence, business processes, optimization, predictive analytics, digital transformation*

***Секция 16. Общественно -
политические и философские
вопросы развития общества***

УДК 94

Эволюция радикальных идей в российском обществе во второй половине XIX в.

Морозов Егор Андреевич

morozovea@student.bmstu.ru

Шафигуллина Татьяна Владимировна

shafigullina.tv@bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Рассмотрено изучение проблемы радикализма в общественной мысли и общественном движении в России во второй половине XIX в. Отечественные исследователи детально разбирают причины возникновения и развития радикального движения в российском обществе, отмечая наличие внутренних и внешних факторов, анализируя их проявление и влияние на его становление. Большое внимание уделено основным чертам радикализма: антибуржуазность, приоритет коллективного начала, социалистическая направленность, максимализм, абсолютизация насилия, тяготение к жестким организационным принципам.

Ключевые слова: радикализм, политическая борьба, терроризм, революционное движение, насилие

Проблематика радикализма, анализируемая в новейшей историографии, достаточно традиционна. Исследователи подробно разбирают причины формирования и развития радикального движения в России, выделяя внутренние и внешние факторы, влиявшие на его становление. Большое внимание уделяется основным чертам радикализма: его антибуржуазности, приоритету коллективного начала, социалистической направленности, максимализму, абсолютизации насилия, тяготению к жестким организационным принципам и пр.

Современным исследованиям способствует публикация различного рода источников. Заметным событием стал выход сборника документов «Революционный радикализм в России: век девятнадцатый», изданный под редакцией Е.Л. Рудницкой в 1997 г. [1]. Ранее был издан сборник «Кровь по совести»: терроризм в России: документы и биографии. Предисловие, составление и примечания О.В. Будницкого. Ростов-на-Дону. 1994 г. Неизвестные и малоизвестные работы П.Н. Ткачева в сборнике «Опост Конт: Взгляд из России» в 2000 г. опубликовал Б.М. Шахматов [2].

Новые оценки радикализма появились на рубеже 80–90-х гг. преимущественно в журнальных статьях. Несколько позднее появились монографические исследования. Однако, несмотря на достигнутое, многое остается еще неясным. Как утверждают Р.А. Городницкий и Г.С. Кан, «...история российского радикализма еще не изучена настолько, чтобы в ней не оставалось каких-либо проблем и белых пятен» [3]. К тому же в современной историографии наряду с неизжитыми старыми появились новые стереотипы и тенденциозные подходы, игнорирующие, например, принцип историзма. По вполне обоснованному свидетельству В.Н. Гинева в 1990-е годы «неприя-

тие революции как способа разрешения социальных конфликтов антиисторично распространялось и на трактовку многих фактов из прошлого России, сделав его в очередной раз непредсказуемым».

Вместе с тем плюрализм мнений современной эпохи, открытые дискуссии позволяют не только расширить видение проблемы радикализма, но и уточнить позиции ее исследователей. В ходе обсуждения различных аспектов темы был поставлен вопрос о причинах возникновения и развития радикализма в России, степени оправданности насильственных действий революционеров, возможности их оценки с моральной точки зрения.

По мнению большинства исследователей, революционный радикализм стал следствием, прежде всего, ускоренной и крайне болезненной для общества модернизации пореформенной России, а также политики самодержавия. Как пишет В. Гросул, «не учитывая непрекращающегося самодержавного и чиновно-помещичьего произвола, трудно понять возникновение русского революционного терроризма — одного из методов действий зарождающейся революционной армии» [4]. В рамках круглого стола В.А. Твардовская обратила внимание на то, что историк А.А. Левандовский в своей трактовке радикализма упустил «...воздействие на революционеров политики самодержавия. Речь идет не только о репрессиях. Власть, если так можно выразиться, по-своему моделирует своих революционных противников. В облике российских революционеров различимы черты самодержавной власти: они столь же жестоки и непримиримы ..., не сомневаются в своем праве решать за народ его судьбу» [5].

В целом такой же подход прослеживается и у ряда других авторов. К.Н. Морозов в рецензии на первое издание сборника документов «Кровь по совести», солидаризируясь с его составителем О.В. Будницким, пишет: «На наш взгляд, нельзя ограничивать спектр участников террористической вакханалии, творившейся в России, только революционными партиями. ... Он (террор — Т.Ш.) рождался лишь под воздействием целого ряда факторов взаимовлияющих и усиливающих друг друга ... Автор справедливо указывает на то, что нельзя из двух противостоящих друг другу лагерей — власти и революционеров — обвинять лишь одну сторону» [6]. Сам Будницкий полагает, что «отсутствие видимых достижений в деревне, преследования со стороны правительства, которое упорно не желало быть «нейтральным», подталкивало революционеров к переходу от анархизма к политической борьбе, от бунтарства, которое так и осталось теоретическим, к терроризму» [7]. Такая позиция перекликается с оценками либеральной историографии начала XX в., видевшей в непоследовательности реформ одну из причин радикализма. Автор содержательной статьи о социально-психологических корнях радикализма Е.И. Щербакова также считает, что благие мирные планы молодежи «рушились при столкновении с жизнью», а отсюда следовало тяготение к решительным действиям, к подполью, к терроризму. Автор, в итоге, пришел к выводу, что «социально-политическая действительность России второй половины XIX в. загоняла ее (энергию молодого поколения — Т.Ш.) в подполье» [8].

В оценках истоков радикализма современные авторы зачастую опираются на авторитетное сегодня мнение Ф.М. Достоевского, который, по словам видного исследователя русской литературы и общественной мысли В.К. Кантора, «... никаких предсказаний о большевизме и сталинизме ... не делал. Его задача была много сложнее. Россия, считал он, не потому больна, что в ней появился Нечаев, как занесенный извне болезнетворный микроб, а потому, что больна Россия. Нечаевщина лишь симптом» [9]. Таким образом, современные авторы обращают внимание на закономерный характер появления радикализма в России, видят один из основных источников революционного насилия в произволе власти.

Однако в современной литературе сложилось новое направление, ищущее истоки радикализма в положении, мировоззрении, психике, да и самой природе отечественной интеллигенции. Так, Е.Л. Рудницкая, не отрицая, как и многие другие исследователи, «неадекватности действий правительства», предложила все же несколько иную трактовку становления радикального течения, использующего крайние средства для достижения своих целей. По ее мнению, «террор, как и отторжение морали, были изначально субстанцированы в русском революционном движении. Вспомним только ишутинцев, Нечаева, Ткачева. Каким бы монстром ни был Нечаев, он был лишь крайним выражением потенций, обусловленных утопизмом идеалов, логикой борьбы, русскими политическими реалиями, неадекватностью действий правительства, социальной изолированностью революционеров. Проблема «народ и революция» — капитальная проблема русской истории второй половины XIX в. А потому «бесы» — не плод сознания великого русского писателя, а одна из глубинных ипостасей российской революционности» [1]. В какой-то своей части («социальная изолированность») данное суждение сближается с выводами официальной историографии дореволюционного периода об отсутствии почвы у русских революционеров. Но некоторые трактовки причин русского радикализма, например «изначальная субстанцированность» террора, «отторжение морали», «утопизм идеалов» находятся в русле тех современных историографических веяний, которые направлены на объяснение всех крайностей революционного движения в России особенностями национального сознания, психологической ущербностью русской интеллигенции, а также «порочностью» самой социалистической идеи. В данном случае заметны изменения всего лишь знаков в оценках той или иной идеологии, а не самих методологических подходов.

Список источников

- [1] Рудницкая Е.Л. *Революционный радикализм в России: век девятнадцатый*. Москва, Археографический центр, 1997, 577 с.
- [2] Шахматов Б.М. *К публикации и по поводу русского перевода статей П.Н. Ткачева из французского «Набата»*. Огюст Конт: взгляд из России. Москва, Изд-во РАГС, 2000, 358 с.
- [3] Городницкий Р.А., Кан Г.С. *Революционный радикализм в России: век девятнадцатый*. Москва, Археографический центр, 1997, 577.

- [4] Гросул В.Я. О балканских связях русских якобинцев. *Балканский исторический сборник*, 1974, № 4, 312 с.
- [5] Твардовская В.А. *Социалистическая мысль в России на рубеже 1870–1880 годов*. Москва, Наука, 1969, 239 с.
- [6] Морозов К.Н. Рецензия на кн.: *Кровь по совести: терроризм в России: документы и биографии*. Предисловие, составление, примечания О.В. Будницкого. *Отечественная история*, 1995, № 6.
- [7] Будницкий О.В. «Кровь по совести»: терроризм в России (вторая половина XIX — начало XX в.). *Отечественная история*, 1994, № 6.
- [8] Щербакова Е.И. «Отщепенцы». Социально-психологические истоки русского терроризма. *Свободная мысль*, 1998, № 1, с. 88–100.
- [9] Кантор В.К. Карнавал и бесовщина. *Вопросы философии*, 1997, № 5, с. 44–57.

The evolution of radical ideas in Russian society in the second half of the 19th Century

Morozov Egor Andreevich

morozovea@student.bmstu.ru

Shafigullina Tatyana Vladimirovna

shafigullina.tv@bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

The study of the problem of radicalism in public thought and movement in Russia in the 2nd floor is considered XIX century. Domestic researchers analyze in detail the causes of the emergence and development of the radical movement in Russian society, noting the presence of internal and external factors, and analyzing their manifestation and influence on its formation. Much attention is paid to the main features of radicalism: its anti-bourgeoisness, the priority of the collective principle, socialist orientation, maximalism, the absolutization of violence, gravitation to rigid organizational principles.

Keywords: radicalism, political struggle, terrorism, revolutionary movement, violence

УДК 908

Заметки на полях истории малых городов России

Морозов Егор Андреевич

morozovea@student.bmstu.ru

Шафигуллина Татьяна Владимировна

shafigullina.tv@bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Рассмотрены ранние периоды истории города Кашина — одного из малых городов России. Отмечено наибольшее созвучие с драматическими и славными, трагическими и героическими событиями в истории российского государства дооктябрьского периода. Отталкиваясь от прошлого, которое неотделимо от настоящего, обозначены современные проблемы малых городов через признание недостаточного внимания к ним в российском обществе. Определены основные направления их преодоления при тесном взаимодействии федеральных, региональных и местных структур.

Ключевые слова: история, теории возникновения городов, краеведение, проблемы малых городов

Россия впечатляет своим богатством природных пейзажей, этнических традиций, особенностями культур, населяющих ее народов и, безусловно, многообразием городов. Наша родина — это территория ярких контрастов, где огромные столичные агломерации мило граничат с маленькими уютными провинциальными городками. Согласно информации Росстата на январь 2024 года, в стране насчитывается 1125 городов [1] и среди них есть как известные, так и малознакомые. На слуху у большинства из нас находятся такие всемирно известные города, как Москва, Санкт-Петербург, Казань, Новосибирск, а также еще двенадцать городов, в которых население превышает миллион человек. Однако о существовании многих других городов, особенно малых, знает далеко не каждый.

Один из ключевых показателей городов — их численность. Более 800 городов в России относятся к категории малых, с населением до 50 тыс. человек [1]. Одним из таких небольших городов ЦФО является Кашин, расположенный в Тверской области. Кашин является административным центром Кашинского городского округа, и по последним данным, его население составляет около 13 тысяч человек [1].

История Кашина, как и история других провинциальных городов, являющихся скрепой истории государства, впечатляя глубиной, основательностью исследований, заставляет обращать внимание ученых восполнить имеющиеся пробелы. К ранним публикациям об истории города, его достопримечательностях справедливо отнести работу священника Иоанна Завьялова, вышедшую в 1909 г. Первый краткий справочник города издан в 1914 г. Н.А. Лавриковым. Кашину посвящены путеводители, подготовлен генеалогический сборник. О нем написано как о городе-курорте, как о православном русском городе, издана хрестоматия, содержащая документы с древ-

нейших времен до конца 30-х годов XX в., сохранились переписные книги о Кашине XVII–XVIII вв. Местные краеведы собрали богатейший материал об истории города. Все изданное адресовано широкому кругу лиц, желающих глубже понять историю малых городов, историю России.

Перелистаем страницы ранней истории города Кашина вместе с заслуженным деятелем культуры РФ, историком Б.М. Кириковым и краеведом В.Н. Кошелевским, которые проделали большую исследовательскую работу и опубликовали книги об истории города Кашина, его архитектуре, изобразительном искусстве и народном творчестве, достопримечательностях и святынях.

В истории Кашина условно выделяются три периода. Градообразующий, когда очерчивалась территория, определялись политические, экономические, социальные, культурные черты к портрету Кашина, шла борьба за самосохранение, вынуждающая порой занимать позицию сильного, и, сумев окончательно определиться с образованием российского централизованного государства. В градоопределяющем периоде история Кашина идет след в след с историей государства, испытывая и переживая все тяготы, разделяя успех и радость побед как во внешней, так и внутренней политике страны. Градозавершающий, но не завершившийся, определил судьбу Кашина как субъекта Российской империи, Советского Союза, России.

Одной из ключевых проблем в изучении истории городов — вопрос о его основании, о «дне рождения». Как и у многих российских городов, у Кашина нет однозначного ответа о дате его основания, что порождает множество версий и гипотез. Так Б.М. Кириков, ссылаясь на Никоновские летописи, полагает, что они содержат одно из самых ранних упоминаний о Кашине в числе городов, подвергшихся разорению ордынцами [2]. Солидаризируясь с позицией коллеги, В.Н. Кошелевский акцентирует внимание на факте разорения, резонно уточняя, что дата основания города более ранняя: разоряли уже существующий город [3]. Историки дают право на жизнь и местной легенде о возникновении города связанной с Юрием Долгоруким. Рассматривается версия краеведа С.В. Кисловского [4]. Учитывая перечисленные и неназванные суждения о дате основания Кашина, Б.М. Кириков справедливо констатирует: «Когда возник город остается загадкой» [2]. И все же дату первого письменного упоминания о Кашине — 1238 г. — принято считать датой основания города Кашина [2, 3], празднуя День города.

Важным сюжетом в истории городов — топонимика, дающая ответ на вопрос: почему так назван город, откуда произошло его название [5]. Топонимику Кашина предложит даже обыватель, указав на сходство с традиционным русским блюдом — каша. Кто-то уточнит: каша — обрядовое свадебное угощение в древности. Профессионалы, не отвергая версии обывателей, рассматривают гипотезу причастности реки Кашинки и собственного имени Каша, послуживших источником названия города. Принимается исследователями лингвистическая версия.

Следует отметить обстоятельство в связке река-город, которое не упускают из виду не только исследователи разных эпох, но и экскурсоводы, и жи-

тели города, возможно, испытывающие гордость от лирико-патриотической версии: шестикратные изгибы реки в черте города образуют силуэт сердца, что по праву позволяет назвать Кашин — город русского сердца [2].

Опираясь на теории возникновения городов в Древней Руси, Б.М. Кириков и В.Н. Кошелевский сходятся в понимании возникновения Кашина как оборонительной крепости и как центра торговли и ремесел. Рассмотрим оба основания: экономическое и военное. Доказательств положительного влияния водной среды на экономическое развитие городов в истории множество, например: Нева и Санкт-Петербург, Волга и Нижний Новгород, Енисей и Красноярск и др. Кашин прославится ремесленниками, мастерство которых будет востребовано до конца XIX в. Местные мастера по дереву работали на строительстве посадов, крепостей, участвовали в восстановлении, разрушенных в результате погромов, поджогов, жилых построек и храмов. Ремесленники, специализирующиеся на деревянном зодчестве, были востребованы и в родном Кашине, и в Твери, и в Москве, и в соседних поселениях [2]. Славился Кашин гончарами, кузнецами, чеканщиками, иконописцами. Получат известность мастера каменных дел, построив первый каменный (Вознесенский) собор, заменив деревянный. Указ Михаила Федоровича будет повелевать о привлечении к государственному строительству 30 каменщиков-кашинцев, в число которых войдут созидатели Теремного дворца в Москве, монастырей в Звенигороде и др. городах [3, 4]. Регулярное проведение ярмарок, где особую популярность получил кашинский лен, способствуя развитию отрасли, установлению торговых отношений с местными и иностранными купцами.

Производство красок-белил не только принесет известность Кашину, прославит его, но и свяжет с современностью. В конце XVIII в. будут утверждены, как элементы символики, три ступки белил, изображения которых сохраняются до настоящего времени на гербе и флаге города. Таким образом, Кашин возник и развивался как узел торговли и ремесла, город служил значимым хабом для торговли и ремесел, поддерживая связи с торговцами.

Образование на Руси городов имело не только экономическое, но и военное значение, выполняя функцию защиты и территории, и населения, которое на ней обитало. Эффективность оборонительной функции обеспечивалась изначально выбором места, учитывая природные факторы, например, наличие рек, озер, болот и других водных препятствий, которые затрудняли перемещение врага. Принимался во внимание ландшафт: высокий берег, крутой склон, глубокий ров — все это создавало трудности для покорения городов. Перечисленным критериям соответствовал и Кашин. Оборонительную миссию Кашин продемонстрировал в 1288 г., выдержав натиск дружины князя Владимирского, выступившего против Михаила Тверского в борьбе за доминирование на землях Северо-Восточной Руси, благодаря мощной фортификации и сильной дружине [3].

При первом князе, которым был определен младший сын Михаила Тверского Василий, Кашин приобрел статус самостоятельного княжества. Неста-

бильность политического положения Кашина не помешала чеканить собственную монету (пул), составлять летописные книги, строить храмы.

Испытание на прочность независимости Кашина продолжалось до завершения образования Московской Руси. Кашин был подобен футбольному мячу на политическом поле борьбы между Тверью и Москвой за право получить ярлык на Великое княжение, фактически за лидерство в объединительном процессе. Внутреннее противоборство усугублялось политикой сраживания русских князей, которую проводила Золотая Орда. В конце XV в. в ходе общерусского наступления на Тверь великий князь Иван III включил ее в состав Москвы. С тех пор и Кашин стал частью централизованного Московского царства [5]. До наступления «Смутного времени» жизнь Кашина была спокойной и размеренной.

Долгое время малые города игнорировались центральной властью и в большинстве своем медленно деградировали. На Всероссийском форуме «Развитие малых городов и исторических поселений» премьер-министр М. Мишустин подчеркнул, что таким городам требуется государственная помощь. Малые города — это фундамент великой державы, они воплощают разнообразие России, берегут ее наследие, историю и обычаи [6]. Типичными вызовами для малых городов стали деградация инженерной и транспортной инфраструктуры, архитектурного наследия, отток молодого населения, недостаток социальных услуг.

На заседании Совета по стратегическому развитию и национальным проектам было предложено разработать стандарт малого города. Начавшийся процесс структурной трансформации российской экономики дает новый шанс малым и средним городам страны на реализацию своего промышленного и экспортного потенциала [7]. Улучшение жизни в малых городах является стратегическим приоритетом для государства, без чего невозможно достичь национальных целей развития [6].

Список источников

- [1] *Российский статистический ежегодник*. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/12994> (дата обращения 18.10.2025).
- [2] Кириков Б.М. *Кашин*. Ленинград, Художник РСФСР, 1988, 224 с.
- [3] Кошелевский В.Н. *Летопись города Кашина (VI–XX вв.)*. Тверь, Изд-во Герс, 1999, 113 с.
- [4] Кисловской С.В. *Кашинский край*. Ч. 1–2. Калязин, б. и., 1926, 187 с.
- [5] Нерознак В.П. *Названия древнерусских городов*. Москва, Наука, 1983, 209 с.
- [6] *Развитие малых городов и исторических поселений*. URL: <http://government.ru> (дата обращения 18.10.2025).
- [7] *Госсовет предложил включить борьбу с опустыниванием земель в России в нацпроект*. URL: <https://tass.ru/ekonomika/24739345> (дата обращения 18.10.2025).

Marginal notes on the history of small towns in Russia

Morozov Egor Andreevich

morozovea@student.bmstu.ru

Shafigullina Tatyana Vladimirovna

shafigullina.tv@bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

The early periods of the history of Kashin, one of the small towns in Russia, are examined. The greatest resonance with the dramatic and glorious, tragic and heroic events in the history of the Russian state before the October Revolution is noted. Starting from the past, which is inseparable from the present, the current problems of small towns are identified through the recognition of their neglect in Russian society. The main directions for overcoming these problems are determined through close cooperation between federal and regional structures.

Keywords: *history, local history, small towns, problems of existence, and development prospects*

УДК 316.344.233

Богатство и бедность в современной России

Чернышева Татьяна Евгеньевна chernyshevate@bmstu.ru

Парфенов Данил Андреевич parfenovda@student.bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Рассмотрена проблема значительного имущественного расслоения в различных странах мира, особое внимание уделено этой проблеме в современной России, дана статистика экономического неравенства. Выделены различные уровни, позволяющие оценить качество жизни. Отмечены негативные изменения в социально-экономическом положении граждан, оказывающие влияние на динамику численности населения страны. Подчеркнуто, что снижение экономического неравенства возможно при изменении направленности курса страны с реализации интересов крупного капитала на учет интересов большинства населения.

Ключевые слова: богатство, бедность, социальное неравенство, прожиточный минимум, социальная политика

Бедность представляет собой социально-экономическое положение, при котором индивид лишен возможности обеспечивать себя даже минимальными необходимыми потребностями для поддержания жизни.

Проблема бедности до настоящего времени продолжает оставаться злободневной проблемой для значительного числа государств.

Исследователи используют целый ряд критериев, позволяющих оценить качество жизни населения: материальное благосостояние, потребительские расходы, структуру потребления, развитие инфраструктуры и доступность социальных услуг, а также ключевые демографические показатели.

Существенную роль в оценке играют индикаторы инфляции и уровня занятости. Особое значение при этом имеет величина реальных душевых показателей, так как именно она наиболее точно характеризует фактическое материальное положение граждан.

В научной среде превалирует подход, согласно которому бедность как социально-экономический феномен в современном обществе должна быть искоренена. Реализации данной концепции на практике способствует политика ряда скандинавских стран, в частности Норвегии, Финляндии и Дании, где дифференциация населения по доходам является одной из самых низких в мире [1].

Однако для большинства стран мира характерна глубокая дифференциация населения по уровню доходов. Особенно остро эта проблема стоит в ряде африканских государств, которые на протяжении длительного исторического периода борются с бедностью. К ним относятся, в частности, Зимбабве, Республика Конго и Малави, где значительная часть населения продолжает находиться за чертой бедности. Данные статистических наблюдений свиде-

тельствуют, что в этих государствах доля населения, живущего за чертой бедности, колеблется в диапазоне от 55 до 65 %, что представляет собой критический показатель, вызывающий серьезную озабоченность [2].

Проблема социального расслоения приобретает все большую актуальность для всех государств, включая развитые. Это приводит к ситуации, когда наименее обеспеченные категории граждан, занимающие нижние позиции в социально-экономической иерархии, испытывают растущую уязвимость. В то же время лица, изначально обладающие существенными ресурсами, не только сохраняют, но и систематически приумножают свой капитал, что ведет к дальнейшему укреплению их материального положения.

В Китае проблема бедности также вызывает серьезную озабоченность. Согласно последним исследованиям, порядка 65 % граждан проживают за чертой бедности, что является очень высоким показателем для государства с таким уровнем экономического развития [3].

В США, по оценкам экспертов, каждый шестой американец имеет доходы ниже уровня бедности. Здесь распространено представление о тесной связи бедности с безработицей, а также устойчивое убеждение, что наличие работы автоматически гарантирует защиту от бедности. Однако реальная социально-экономическая практика показывает несостоятельность данного утверждения.

Япония, несмотря на статус третьей экономики мира, демонстрирует устойчивую тенденцию к росту уровня бедности. Каждый шестой житель страны считается бедным. Ключевым фактором данной ситуации выступает структурная безработица. Таким образом, проблема бедности сохраняет свою остроту даже в условиях высокого уровня и качества жизни, характерных для японского общества.

Для Российской Федерации вызов бедности сохраняет особую актуальность. Статистика фиксирует негативную динамику роста данного социального явления, что вызывает обоснованную тревогу в экспертном сообществе.

Стоит подчеркнуть, что в группу наиболее социально уязвимых категорий традиционно входят пенсионеры, женщины, оказавшиеся в трудных обстоятельствах, матери-одиночки, а также несовершеннолетние дети [4].

Рассмотрим статистику жизненного уровня в Российской Федерации за последние несколько лет. В 2019 г. только нищих здесь проживало 18,4 млн человек (12,3 % населения «страны»). Количество граждан нашей страны, чьи денежные доходы находились ниже установленного прожиточного минимума, в 2000 г. и составило 42,3 млн человек. По итогам четвертого квартала 2024 г. количество граждан с денежными доходами ниже прожиточного минимума сократилось до 7,7 млн человек, или 7,2 % от общей численности населения России [5].

В современной России наблюдается устойчивая социально-экономическая тенденция формирования категории так называемых «работающих бедных» — граждан, чья официальная заработная плата остается на крайне низком уровне и не позволяет преодолеть черту бедности. Количество новых

бедных с 1990-х гг. так и составляет 30 % занятых в экономике. Для наглядности ситуации с бедностью в России представлен ниже график (рис. 1), где рассматривается динамика этого явления в период с 2014 по 2024 гг.

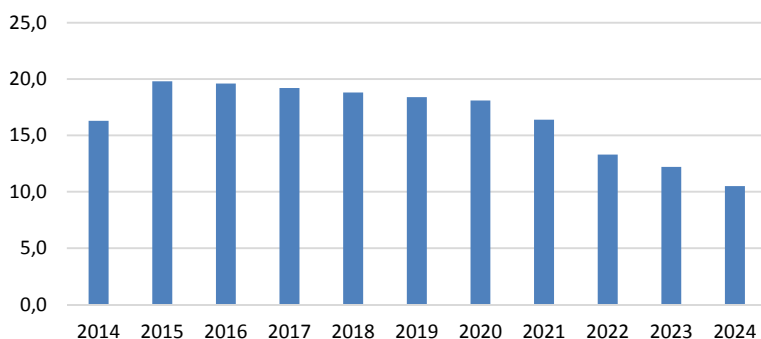


Рис. 1. Численность населения с денежными доходами ниже границы бедности/ величины прожиточного минимума, млн человек

Приведем примеры, иллюстрирующие степень экономического неравенства в России: 66,2 % богатства страны находится в собственности 1 % россиян [6], а 82 % личного богатства принадлежит всего лишь 10 % богатейших граждан России [7]. Неравенство в уровне доходов и благосостояния населения по мировым стандартам в Российской Федерации остается чрезвычайно высоким [8].

В России увеличивается также количество долларовых миллиардеров. В 2000 г. таковых еще не было, в 2017 г. их количество составило 96 человек, в 2020 г. — 99 человек, а за два месяца пандемии коронавирусной инфекции (апрель–май 2020 г.) их число выросло до 101 человека [9].

Лучше понять причины трансформации социально-экономического статуса граждан позволяет анализ демографических процессов. В последние годы в России наблюдается сложная демографическая ситуация. В частности, период 2020–2022 гг. характеризуется резким снижением численности населения, вызванным прежде всего пандемией «COVID-19», существенно повлиявшей на рост смертности и сокращение рождаемости.

Частичное восстановление демографических показателей — до 146,15 млн человек — произошло во многом благодаря миграционному приросту и снижению уровня смертности в результате ослабления последствий пандемии.

Однако в 2025 г. в России вновь отмечается отрицательная демографическая тенденция — сокращение численности населения до 146,028 млн человек [10]. Ключевой причиной данной ситуации выступает естественная убыль населения, выражающаяся в устойчивом превышении показателей смертности над рождаемостью. Динамика численности населения представлена на графике ниже (рис. 2).

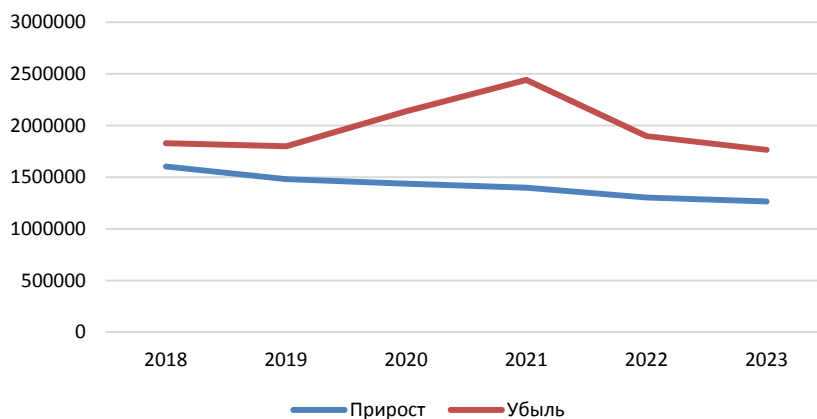


Рис. 2. Динамика численности населения РФ

Важнейшим критерием «экономического благополучия граждан является прожиточный минимум, который регулярно пересматривается в соответствии с изменениями в экономической ситуации страны». На 2025 г. данный показатель в среднем на душу населения установлен на уровне 17 733 рублей. При этом действуют дифференцированные значения прожиточного минимума для основных социально-демографических групп: для трудоспособного населения — 19 329 руб., для детей — 17 201 руб. и для пенсионеров — 15 250 руб. [11]. Этот норматив продолжает регулярно пересматриваться в соответствии с экономической динамикой.

Современная прогрессивная модель социальной политики должна быть направлена на снижение степени эксплуатации, уменьшение социального неравенства, искоренение дискриминации и сокращение социально-экономической дифференциации общества.

Снижение экономического неравенства в России, по мнению авторов, является достижимой целью, однако это требует кардинального пересмотра ориентиров политического курса: перехода от реализации интересов крупного (монополистического) капитала к учету потребностей большинства населения и переориентации экономического развития на обеспечение народного благосостояния.

Список источников

- [1] Норт Д. *Понимание процесса экономических изменений*. Москва, Изд. дом Высшей школы экономики, 2021, 256 с.
- [2] *Самые бедные страны в мире. Emigras*. URL: <https://emigras.ru/vse-strany/samye-bednye-strany-v-mire> (дата обращения 29.10.2025).
- [3] *World Population Prospects*. URL: <https://www.un.org/development/desa/pd/content/World-Population-Prospects-2022> (accessed 29.10.2025).

- [4] Стиглиц Д. *Цена неравенства. Чем расслоение общества грозит нашему будущему*. Москва, Изд-во Эксмо, 2021, 512 с.
- [5] *Численность населения с денежными доходами ниже величины прожиточного минимума и дефицит денежного дохода*. URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Nb_Ub_1-2.xlsx (дата обращения 29.10.2025).
- [6] *Российская Федерация — комплексное диагностическое исследование экономики Российской Федерации: пути достижения всеобъемлющего экономического роста*. URL: <https://documents1.worldbank.org/curated/en/563031497436564657/pdf/110765-SCD-P153080-PUBLIC-RUSSIAN-DecSCDpaperengforweb.pdf> (дата обращения 29.10.2025).
- [7] *Credit Suisse: 10 % россиян владеют 82 % всего личного богатства в России*. URL: <https://www.vedomosti.ru/economics/news/2018/10/18/784032-10-rossiyan> (дата обращения 29.10.2025).
- [8] *Доклад о человеческом развитии 2019. За рамками уровня доходов и средних показателей сегодняшнего дня: неравенство в человеческом развитии в XXI веке*. Нью-Йорк, ПРООН, 2020, с. 119–121.
- [9] Ляликова А. *Российские миллиардеры разбогатели за время пандемии на \$62 млрд*. URL: <https://www.forbes.ru/milliardery/401395-rossiyskie-milliardery-razbogateli-za-vremya-pandemii-na-62-mlrd> (дата обращения 29.10.2025).
- [10] *Численность населения России к началу 2025 года снизилась до 146,028 млн человек*. URL: <https://www.interfax.ru/russia/1005747> (дата обращения 29.10.2025).
- [11] *Постановление Правительства России от 12 июня 2024 года № 789*. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202406170018> (дата обращения 20.11.2025).

Wealth and poverty in modern Russia

Chernysheva Tatiana Evgenievna

chernyshevate@bmstu.ru

Parfenov Danil Andreevich

parfenovda@student.bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

The article examines the problem of significant property stratification in various countries of the world, pays special attention to this problem in modern Russia, and provides statistics on economic inequality. There are different levels that make it possible to assess the quality of life. Negative changes in the socio-economic situation of citizens are noted, affecting the dynamics of the country's population. It is emphasized that reducing economic inequality is possible if the country's course is changed from realizing the interests of large capital to taking into account the interests of the majority of the population.

Keywords: *wealth, poverty, social inequality, cost of living, social policy*

УДК 37.014.1

К вопросу о бесплатности и общедоступности профессионального образования в современной России

Чернышева Татьяна Евгеньевна¹

cherneshvate@bmsu.ru

Климова Елена Константиновна²

klimovelen@yandex.ru

¹ КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия² КФ МГЭУ, Калуга, Россия

Рассмотрены законодательные инициативы и нововведения в сфере российского образования 2025 года: стратегия развития образования; законы и законопроекты, ограничивающие бесплатность и общедоступность среднего общего, среднего профессионального и высшего образования; проект перечня направлений подготовки и специальностей высшего образования, по которым планируется ввести ограниченное количество мест, доступных для платного поступления абитуриентов в вузы. Отмечено, что необходимо объединить усилия экспертов и широкой общественности для восстановления и сохранения прав человека на образование в Российской Федерации.

Ключевые слова: среднее профессиональное образование, высшее образование, бесплатность и общедоступность образования, стратегия развития образования, непрерывность образования, «бешовность образования», перечень специальностей и направлений подготовки

Реформирование системы современного отечественного образования из года в год, к сожалению, только усугубляет ее состояние. Прекратили свою деятельность, укрупнены или вовсе ликвидированы многие образовательные учреждения и научные школы. В профессиональных учебных заведениях постоянно увеличивается число платных мест и уменьшается количество бюджетных; число студентов в группе возрастает до размеров, когда невозможна контактная учебная деятельность и качественное проведение семинарских, практических и лабораторных занятий.

Учебная нагрузка учителей и преподавателей колоссально превышает все допустимые нормы труда, нарушая человеческое право педагога на отдых. Реформаторы предпринимают целенаправленные попытки заменить очное обучение на онлайн; живого педагога — на тьютера и искусственный интеллект; бумажный журнал и дневник — на электронный журнал.

Новая проблема, возникшая в 2025 г. — неожиданное появление Федерального закона № 114-ФЗ [1], принятого кулуарно, без широкой огласки и общественного обсуждения. В нем Правительству РФ разрешается ежегодно ограничивать количество платных мест по образовательным программам высшего образования по договорам об оказании платных образовательных услуг.

Осенью текущего года Правительством РФ был озвучен проект перечня направлений подготовки и специальностей высшего образования, по которым

оно планирует ограничивать количество мест, доступных для платного поступления абитуриентов в вузы [2]. В этот перечень вошли почти все существующие специальности и направления подготовки.

Минобрнауки России, обосновывая необходимость ограничения количества платных мест в вузах, отмечает, что это делается с целью учета их эффективных возможностей [3]. Однако для этих целей в Российской Федерации существует Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки, уполномоченная определять вузы, которые могут заниматься образовательной деятельностью, оценивая достаточность их материально-технического оснащения, острепенность профессорско-преподавательского состава и многое другое.

Минимальные баллы ЕГЭ, необходимые для поступления в высшие учебные заведения, в Российской Федерации устанавливает Минобрнауки России.

Таким образом, нововведение по ограничению оказания платной образовательной услуги человеку, имеющему в ней потребность, обладающему проходным в вуз баллом, является попыткой ограничить его право на выбор своего профессионального пути и свободного развития, гарантированные Конституцией РФ (ст. 7, с. 37, ст. 43) [4]. Также данные нормативно-правовые акты нарушают право человека на свободное перемещение товаров и услуг, свободу конкуренции, что противоречит Статье 8 Конституции РФ [5].

В текущем году также были инициированы и другие нормативно-правовые акты, озвучен проект стратегии развития образования.

Проект «Стратегия развития образования в Российской Федерации до 2036 года» (далее Проект) [6] был впервые представлен общественности 10 июля 2025 г. До этого он обсуждался за закрытыми дверями. Возможности с ним ознакомиться субъектам образовательного процесса не было, так как до этого времени текст Проекта в открытом доступе отсутствовал. Слушания в Общественной палате РФ прошли в закрытом формате без приглашения общественности. Во время выступления независимых экспертов трансляцию прекратили, а видео заседания с сайта Общественной палаты удалили в этот же день. Документ до сих пор не выложен в открытом доступе.

Такие действия инициаторов и разработчиков Проекта ограничивают право каждого человека ознакомиться с документами и материалами, непосредственно затрагивающими его права и свободы, что не согласуется Конституцией РФ (ч. 2, ст. 24 Конституции РФ) [7].

Рассмотрение текста Проекта, представленного в Общественной Палате РФ в июне 2025 г., показал, что в нем нивелировано понятие «общедоступность образования». Право на получение общедоступного и бесплатного образования в Проекте подменяется гарантиями доступа к получению бесплатного и качественного образования (Проект, п. 8). Это означает, что человеку гарантируется только попытка перейти на тот или иной уровень образования без гарантий его получения. Данное положение противоречит законодательству Российской Федерации, согласно которому общее образование в России является

обязательным, среднее — общедоступным и бесплатным, а высшее — общедоступным и бесплатным по конкурсу [8].

Вместо государственного финансирования образовательных учреждений в размере, необходимом и достаточном для реализации основных общеобразовательных программ, в Проекте предлагается внедрить «стандарт оснащения реализации обязательной части основных образовательных программ для каждого уровня образования» (Проект, п. 52.1), а по всем уровням образования финансировать только обязательную часть основных образовательных программ (Проект, п. 52.2). Это деструктивное предложение приведет к еще большему хроническому недофинансированию системы образования, снижению его качества и общедоступности.

В правовое поле образовательного процесса Проект пытается внедрить новое понятие «бесшовность образования» — «преемственность и учет достижений обучающихся при переходе между ступенями обучения» (Проект, п. 49.2). Важным условием успешного функционирования социального государства является обеспечение государством условий для непрерывного развития потенциала каждой личности в течение всей жизни. Понятие «бесшовность» разрушает эту непрерывность, предоставляя право на полноценное образование только тем учащимся, которые показывают высокие достижения по результатам тестирования, и ограничивая право на получение качественного образования менее успешных в сдаче тестов учащихся [9]. Координационный совет Российского социального форума и эксперты в области образования, науки, культуры и социальной политики России 23 июля 2025 г. выступили против Проекта [10], направив соответствующее заявление Президенту РФ о необходимости переработать Проект в соответствии с правами человека.

В течение 2025 г. общественность отстаивала также право человека на получение общедоступного и бесплатного среднего общего и среднего профессионального образования, выступая против законов и законопроектов, ограничивающих это право. В одних нормативно-правовых актах предлагается ограничить конкурсом возможность всех желающих школьников продолжать обучение в средней школе, колледже или техникуме [11, 12]; в других — нивелировать обязательность общего образования, предоставив молодым людям возможность получать рабочую профессию без аттестата об общем образовании [13]; в третьих — ограничить возможность поступления в вузы сдачей ЕГЭ выпускникам среднего профессионального образования [14].

Проведенный анализ показывает, что бесплатность и общедоступность профессионального образования в современной России находится под угрозой. Нарушаются права и свободы всех субъектов образовательного процесса — учащихся, педагогических работников, родителей. Это негативно отражается на качестве образования и жизнеспособности страны в целом.

По мнению авторов, необходимо консолидировать усилия экспертов в области образования и науки, а также широкой общественности для восстановления и сохранения прав человека на образование, с целью обеспечения процветания нашего Отечества.

Список источников

- [1] *О внесении изменений в статьи 101 и 104 Федерального закона «Об образовании в Российской Федерации»*. Федеральный закон от 23 мая 2025 г. N 114-ФЗ. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/51945> (дата обращения 10.11.2025).
- [2] Проект перечня направлений подготовки и специальностей высшего образования, по которым определяется предельное количество платных мест. *Коммерсантъ*. 28.10.2025. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/8160062> (дата обращения 29.10.2025).
- [3] *Правительство разработало правила по ограничению платных мест в вузах*. URL: <https://www.rbc.ru/politics/06/09/2025/68bc03d69a794761a6299491> (дата обращения 29.10.2025).
- [4] *Конституция Российской Федерации*. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_28399 (дата обращения 25.10.2025).
- [5] *Конституция Российской Федерации. Статья 8*. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_28399/c07038c724cae52fe849aad193a0eac08bda5f93 (дата обращения 25.10.2025).
- [6] *В Общественной палате России обсудили проект Стратегии развития образования*. URL: <https://edu.gov.ru/press/10147/v-obschestvennoy-palate-rossii-obsudili-proekt-strategii-razvitiya-obrazovaniya> (дата обращения 29.10.2025).
- [7] *Конституция Российской Федерации. Статья 24*. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_28399/bcddb9060e44ed6085b65a1af0fb90aa3ef0175 (дата обращения 25.10.2025).
- [8] *Об образовании. Федеральный закон Российской Федерации от 10 июля 1992 г.* URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_28399/8452df644dd1f63f07ca7744f87beddac2947282/ (дата обращения 18.10.2025).
- [9] *Конституция Российской Федерации. Статья 43*. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_28399 (дата обращения 29.10.2025).
- [10] *О несогласии с проектом «Стратегия развития образования в Российской Федерации до 2036 года»*. Заявление Координационного совета и экспертов Российского социального форума. URL: <https://socialforums.ru/dokumenty> (дата обращения 26.10.2025).
- [11] *О проведении эксперимента по расширению доступности среднего профессионального образования*. Федеральный закон № 40-ФЗ от 1 апреля 2025 г. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/51792> (дата обращения 26.10.2025).
- [12] *О внесении изменений в Федеральный закон «О проведении эксперимента по расширению доступности среднего профессионального образования» от 9 октября 2025 г.* Проект федерального закона. URL: <https://regulation.gov.ru/projects/161137> (дата обращения 29.10.2025).
- [13] *О внесении изменений в Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации» (в части расширения возможности получения рабочей профессии)*. Законопроект № 969143-8. URL: <https://sozd.duma.gov.ru/bill/969143-8> (дата обращения 29.10.2025).
- [14] *О внесении изменений в статью 70 Федерального закона «Об образовании в Российской Федерации» (в части уточнения условий поступления абитуриентов в образовательные организации высшего образования на базе среднего профессионального образования)*. Федеральный закон от 21.04.2025 № 85-ФЗ. URL: <https://sozd.duma.gov.ru/bill/805970-8> (дата обращения 29.10.2025).

On the issue of free and generally accessible vocational education in modern Russia

Chernysheva Tatiana Evgenievna¹

cherneshevate@bmstu.ru

Klimova Elena Konstantinovna²

klimovelen@yandex.ru

¹ Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

² MGEU (KB), Kaluga, Russia

The article discusses legislative initiatives and innovations in the field of Russian education in 2025: the education development strategy; laws and bills limiting the free and generally accessible secondary general, secondary vocational and higher education; a draft list of training areas and specialties of higher education, for which it is planned to introduce a limit on the number of places available for paid admission of applicants to universities. It is noted that it is necessary to combine the efforts of experts and the general public to restore and preserve human rights to education in the Russian Federation.

Keywords: secondary vocational education, higher education, free and generally accessible education, education development strategy, continuity of education, «seamless education», list of specialties and training areas

***Секция 17. Актуальные
вопросы энергосбережения,
энергоэффективности,
использования
нетрадиционных
и возобновляемых
источников энергии***

УДК 615.478

Анализ воздействия электромагнитных полей ультравысокой частоты на биологические ткани

Герасимова Наталия Сергеевна

sng-2009@mail.ru

Илюхина Ирина Владиславовна

ilykhinaira8@mail.ru

Илюхин Данила Владиславович

iluhind098@gmail.com

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Рассмотрено комплексное воздействие электромагнитных полей ультравысокой частоты (УВЧ) на биологические ткани организма. Представлен анализ физико-химических механизмов взаимодействия, выходящий за рамки простого теплового эффекта. Показано, что ключевыми звеньями отклика тканей являются диэлектрическая релаксация макромолекул, модуляция ионных потоков через клеточные мембраны и их влияние на редокс-статус клетки. Сделаны выводы, что нетепловые эффекты УВЧ-поля играют роль в клеточном ответе. Полученные данные можно применять для оптимизации методов физиотерапии, разработки новых подходов в регенеративной медицине и создания более безопасных стандартов электромагнитной безопасности.

Ключевые слова: электрическое поле УВЧ, биологические ткани, диэлектрическая проницаемость, нетепловые эффекты, клеточная мембрана, физиотерапия, электромагнитная безопасность

Воздействие электромагнитных полей (ЭМП) на биологические системы представляет собой сложную и многогранную проблему, находящуюся на стыке физики, химии и биологии. Электрическое поле ультравысокой частоты (ЭМП УВЧ), в диапазоне от 30 до 300 МГц, давно применяется в медицине, особенно широко в физиотерапии. Оно помогает лечить множество воспалительных и дегенеративных заболеваний. Классическая модель объясняла их лечебный эффект так называемым «глубоким прогреванием»: поглощение энергии тканями приводит к повышению температуры, и как следствие усиливает кровоток, активизирует метаболизм и снижает боль. Однако современные исследования показывают, что ЭМП УВЧ действует гораздо глубже и эффективнее, чем просто нагревание [1].

Проникающая способность ЭМП УВЧ и характер его поглощения зависят от диэлектрических свойств тканей, таких как электрическая проводимость (σ) и диэлектрическая проницаемость (ϵ). На клеточном уровне главными мишенями для ЭМП УВЧ становятся клеточная мембрана и крупные биологические молекулы, обладающие дипольным моментом (например, белки). Колеблущееся электрическое поле заставляет эти диполи переориентироваться, что порождает микропроцессы, которые клетка способна «считывать» как сигнал. Мышцы и нервы — это ткани с высоким содержанием влаги и хорошей проводимостью, и они лучше поглощают электромагнитные волны ультравысокой частоты (УВЧ) чем жир и кости [2]. Принципиальное

отличие нетепловых эффектов от тепловых заключается в информационной составляющей сигнала, а не в количестве переданной энергии. ЭМП УВЧ действует как специфический раздражитель, запускающий заранее запрограммированные клеточные ответы.

Рассмотрим основные механизмы воздействия ЭМП УВЧ на клетки.

Изменение работы клеток: под действием поля в клетках меняются потоки ионов, особенно кальция, который является универсальным внутриклеточным посредником. Кальций регулирует активность генов, процессы клеточного деления, работу ферментов. Изменяя поток ионов кальция, поле способно модулировать эти фундаментальные процессы.

Влияние на обмен веществ: ЭМП УВЧ изменяет баланс окислительно-восстановительных процессов в клетке. Сдвиг этого баланса в ту или иную сторону определяет функциональное состояние клетки, ее способность к восстановлению и защите от повреждений [3].

Синхронизация работы клеток: электромагнитное поле может влиять на внутренние колебания клеток, что меняет их взаимодействие с гормонами и другими сигналами. Это помогает снизить воспаление, уменьшая выработку веществ, вызывающих его [4].

Проведенный анализ убедительно свидетельствует о двойственной природе действия электрического поля УВЧ на ткани организма. Наряду с хорошо изученным тепловым эффектом, существует глубокий и многогранный пласт нетепловых эффектов, основанных на специфическом взаимодействии с клеточными мембранами и ключевыми биомолекулами. Эти эффекты носят не энергетический, а информационно-регуляторный характер, что открывает новые горизонты для применения УВЧ-терапии.

Углубляя анализ, необходимо подчеркнуть, что ключевым вызовом является не просто констатация факта нетепловых эффектов, а понимание их биологической значимости и пороговых значений. ЭМП УВЧ действует в качестве слабого стрессора, запускающего механизмы адаптивной реакции, известной как гормезис. Этот феномен объясняет, почему слабое воздействие может быть полезным, а сильное — вредным. Например, исследования клеток фибробластов показали, что определенные режимы УВЧ-терапии активизируют синтез белков теплового шока (HSP70). Эти белки действуют как внутриклеточные защитники, предотвращая разрушение других белков и способствуя восстановлению клеток. Это явное доказательство того, что электромагнитное поле может влиять на основные механизмы выживания клеток [5].

Ярким примером клинической реализации нетепловых эффектов служит лечение замедленной консолидации переломов. Ранее считалось, что ЭМП УВЧ помогают заживлению, потому что усиливают кровообращение. Сейчас известно, что они воздействуют на клетки, которые строят костную ткань, активируя их и запуская процесс восстановления.

Еще одной иллюстрацией служит влияние на нервную ткань. Электромагнитное поле помогает при нейропатиях, улучшая работу клеток, которые поддерживают нервы, и способствуя их восстановлению.

Однако у ЭМП УВЧ есть свои сложности. Важно правильно настроить параметры поля, так как разные ткани по-разному на него реагируют. Мощность и время теплового воздействия можно легко контролировать, но «дозировка» информационного влияния — это гораздо сложнее. Результат может сильно отличаться в зависимости от частоты, формы импульса, времени суток и состояния ткани. Например, один и тот же метод может помочь здоровой ткани и навредить воспаленной. Это требует создания новых, гибких и адаптивных подходов к лечению, разработки новых методов лечения, которые будут учитывать индивидуальные особенности каждого пациента.

Одним из многообещающих направлений в медицине является объединение УВЧ-терапии с использованием лекарств (электрофорез) и клеточных технологий. Можно предположить, что предварительное воздействие на клетки с помощью определенных режимов электромагнитного поля УВЧ для активизации их способности к восстановлению, а затем их пересадка, окажется гораздо более эффективной, чем применение этих методов по отдельности. Такой подход позволяет значительно улучшить результаты лечения. Вместо простого прогревания тканей, УВЧ-терапия становится мощным инструментом, который может точно влиять на работу клеток, ускоряя процессы восстановления и улучшая иммунный ответ. Это открывает новые горизонты для медицины и делает УВЧ-терапию более высокотехнологичной и инновационной.

Таким образом, перспективы УВЧ-терапии в сочетании с клеточными технологиями и электрофорезом выглядят очень многообещающе. Это открывает новые возможности для улучшения здоровья людей и борьбы с различными заболеваниями.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- [1] Полищук В.Д., Дмитриев М.Т. *Основы физиотерапии*. Москва, Медицина, 2020, 256 с.
- [2] Gabriel C., Gabriel S., Corthout E. The dielectric properties of biological tissues: I. Literature survey. *Physics in medicine and biology*, 1996, vol. 41(11), pp. 2231–2249.
- [3] Pall M.L. Electromagnetic fields act via activation of voltage-gated calcium channels to produce beneficial or adverse effects. *Journal of cellular and molecular medicine*, 2013, vol. 17(8), pp. 958–965.
- [4] Markov M.S. Expanding use of pulsed electromagnetic field therapies. *Electromagnetic biology and medicine*, 2007, vol. 26(3), pp. 257–274.
- [5] Улащик А.А. *Электротерапия в современной медицине*. Минск, Высшая школа, 2024, 320 с.

Analysis of the effect of ultrahigh - frequency electromagnetic fields on biological tissues

Gerasimova Natalia Sergeevna

sng-2009@mail.ru

Ilyukhina Irina Vladislavovna

ilykhinaira8@mail.ru

Ilyukhin Danila Vladislavovich

iluhind098@gmail.com

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

The article discusses the complex effects of ultra-high-frequency (UHF) electromagnetic fields on biological tissues. It presents an analysis of the physical and chemical mechanisms of interaction that goes beyond simple thermal effects. The article shows that the key components of tissue response include dielectric relaxation of macromolecules, modulation of ion fluxes through cell membranes, and their impact on the cell's redox status. The article concludes that non-thermal effects of the UHF field play a role in the cellular response. The data obtained can be used to optimize physiotherapy methods, develop new approaches in regenerative medicine, and create safer standards for electromagnetic safety.

Keywords: *UHF electric field, biological tissues, dielectric constant, non-thermal effects, cell membrane, physiotherapy, and electromagnetic safety*

УДК 615.478

Комплексный анализ данных рефрактометрии для диагностики и коррекции астигматизма

Герасимова Наталья Сергеевна

sng-2009@mail.ru

Илюхина Ирина Владиславовна

ilykhinaira8@mail.ru

Илюхин Данила Владиславович

iluhind098@gmail.com

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Проведен комплексный анализ данных автоматической рефрактометрии как основного метода выявления и количественной оценки астигматизма. Рассмотрены современные подходы к диагностике астигматизма. Показано, что данные автоматической рефрактометрии требуют уточнения с помощью волновой aberрометрии при наличии значимых aberраций высшего порядка. Представлено обоснование для перехода от стандартной рефракции к комплексному анализу индивидуального оптического профиля пациента, интегрирующего данные кератотопографии и aberрометрии для персонализированной коррекции зрения.

Ключевые слова: астигматизм, рефрактометрия, автоматический рефрактометр, aberрации высшего порядка, волновая aberрометрия

Нечеткое зрение, обусловленное астигматизмом, является распространенным нарушением рефракции, при котором глаз испытывает трудности с фокусировкой на объектах. Это происходит из-за неидеальной формы роговицы или хрусталика, что приводит к искажению проходящего света. Традиционные методы диагностики астигматизма были в основном субъективными, требовали времени и опыта специалиста. Однако современные технологии, включая рефрактометрию, существенно изменили процесс. Рефрактометры предоставляют точные данные о зрении, часто даже без активного участия пациента, используя сложные алгоритмы для анализа прохождения света через глаз, что помогает офтальмологам получить более полное представление о проблеме и назначить оптимальное лечение.

Современная задача ученых — разработка эффективных способов интерпретации данных рефрактометрии, систематизация информации для быстрой и точной диагностики и выбора лечения.

Рассмотрим комплексный анализ данных рефрактометрии, который позволяет более точно определить степень и характер астигматизма, а также выбрать наиболее эффективный метод коррекции.

Рефрактометрия — это метод измерения преломления света в оптических средах глаза. Рефрактометры позволяют измерить несколько параметров, включая сферическую и цилиндрическую составляющие рефракции, а также ось цилиндра. Эти данные необходимы для определения степени и характера астигматизма.

Комплексный анализ включает не только измерение параметров, но и их интерпретацию с учетом индивидуальных особенностей каждого пациента. Например, у некоторых людей астигматизм может меняться в зависимости от положения глаза или состояния оптических сред.

Один из ключевых аспектов анализа — определение типа астигматизма. Выделяют прямой, обратный и астигматизм с косыми осями, каждый из которых требует индивидуального подхода к коррекции.

Кроме того, важно учитывать влияние дополнительных факторов, таких как возраст, состояние зрительной системы и индивидуальные особенности пациента. Например, у детей и подростков астигматизм может проявляться более ярко и требовать более тщательного мониторинга и коррекции.

Рассмотрим конкретные случаи всестороннего анализа данных, полученных с помощью рефрактометрии [1].

Выявление астигматизма. Рефрактометрические исследования с высокой точностью устанавливают сферическую и цилиндрическую составляющие рефракции.

Подбор оптимальной методики коррекции. Всесторонний анализ рефрактометрических показателей способствует выбору наиболее подходящего способа исправления зрения.

Контроль эффективности коррекции. Систематическое изучение данных рефрактометрии дает возможность контролировать результативность выбранного метода коррекции и своевременно корректировать лечение.

Диагностика астигматизма в детском возрасте может представлять сложность, однако современные рефрактометры обеспечивают точное определение сфероцилиндрической рефракции. При этом необходимо принимать во внимание аберрации, присутствующие на периферии роговицы.

Современные автоматические рефрактометры, основанные на принципе инфракрасной ретиноскопии, обеспечивают высокоточное и быстрое определение сферо-цилиндрического компонента рефракции [2]. Однако ключевым ограничением данного метода является его усредненный характер, при котором фиксируется доминирующая рефракция в пределах зрачковой зоны, без учета периферических аберраций.

В свою очередь, волновая рефрактометрия (аберрометрия), базирующаяся на анализе искажений волнового фронта, исходящего из точки-источника на сетчатке, предоставляет исчерпывающую информацию о всех типах оптических несовершенств глаза. Показано, что у пациентов с так называемым «неправильным» астигматизмом, часто являющимся следствием кератоконуса, последствий травм или хирургических вмешательств, стандартный авторефрактометр может демонстрировать нестабильные и плохо воспроизводимые результаты, в то время как aberрометрия четко визуализирует коматозные и другие аберрации высшего порядка, искажающие картинку [3].

Обсуждение полученных результатов позволяет констатировать, что основной вызов современной рефрактометрии заключается не в дефиците данных, а в сложности их клинической интерпретации и трансляции в эффектив-

ную коррекцию. Данные, полученные с помощью автоматического рефрактометра, следует рассматривать как надежную, но базовую отправную точку, особенно в случаях роговичного астигматизма, где они демонстрируют высокую согласованность с кератометрией. Однако при наличии значимых аберраций высшего порядка ($> 0,15$ мкм) волновая рефрактометрия становится незаменимым инструментом, объясняющим диссонанс между «объективной» рефракцией и субъективным качеством зрения пациента [4]. Таким образом, формируется парадигма, в которой диагноз «астигматизм» эволюционирует от простого указания силы и оси цилиндра к комплексному описанию оптического профиля пациента. Это требует от клинициста умения «читать» карты волнового фронта и интегрировать их с топографией роговицы, позволяя дифференцировать вклад роговичного и лентиккулярного компонентов в общую рефракционную ошибку.

Результаты автоматизированной рефрактометрии могут потребовать уточнения с помощью более точных методов, таких как волновая aberрометрия или кератотопография.

Волновая aberрометрия — это передовой метод диагностики, который позволяет получить детальное представление обо всех типах оптических искажений в глазу. В основе метода лежит измерение волнового фронта света, прошедшего через глаз, и его сравнение с идеальным волновым фронтом. Это позволяет выявить и количественно оценить как сферические, так и цилиндрические аберрации, а также аберрации высших порядков, такие как комы, сферические аберрации и аберрации, связанные с наклоном волнового фронта.

Одним из ключевых преимуществ волновой aberрометрии является ее способность учитывать индивидуальные особенности глаза. Этот метод позволяет получить более точную и детализированную картину оптической системы глаза, что особенно важно для пациентов с астигматизмом высших порядков или сложными рефракционными аномалиями. Волновая aberрометрия может быть использована для оценки влияния различных компонентов аберраций на качество зрения и для разработки персонализированных алгоритмов коррекции.

Кроме того, волновая aberрометрия может быть полезна в диагностике и мониторинге состояния глаза после хирургических вмешательств, таких как лазерная коррекция зрения. Этот метод позволяет оценить изменения в оптической системе глаза и выявить возможные осложнения, что способствует более эффективному лечению и реабилитации пациентов.

Комплексный анализ рефрактометрических данных — важный инструмент для диагностики и коррекции астигматизма. Он позволяет точно определить степень и тип заболевания, подобрать наиболее эффективный способ коррекции и отслеживать результат.

Важно помнить, что каждый пациент уникален, и то, что подходит одному, может не подойти другому. Поэтому при выборе метода коррекции важно учитывать индивидуальные особенности каждого пациента и регулярно отслеживать эффективность коррекции.

Список источников

- [1] Аветисов С.Э., Тарутта Е.П., Шамшинова А.М. и др. *Оптическая когерентная томография и aberрометрия в диагностике и мониторинге заболеваний глаз*. Москва, ГЭОТАР-Медиа, 2021, 320 с.
- [2] Thibos L.N., Hong X., Bradley A., Applegate R.A. Accuracy and precision of objective refraction from wavefront aberrations. *Journal of vision*, 2004, vol. 4(4), pp. 329–351.
- [3] Applegate R.A., Hilmantel G., Howland H.C. et al. Corneal first surface optical aberrations and visual performance. *Journal of refractive surgery*, 2000, vol. 16(5), pp. 507–514.
- [4] Salmon T.O., van de Pol C. Normal-eye Zernike coefficients and root-mean-square wavefront errors. *Journal of cataract and refractive surgery*, 2006, vol. 32(12), pp. 2064–2074.

Comprehensive analysis of refractometry data for diagnostics and correction of astigmatism

Gerasimova Natalia Sergeevna

sng-2009@mail.ru

Ilyukhina Irina Vladislavovna

ilykhinaira8@mail.ru

Ilyukhin Danila Vladislavovich

iluhind098@gmail.com

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

A comprehensive analysis of automatic refractometry data as the main method for detecting and quantifying astigmatism has been conducted. Modern approaches to the diagnosis of astigmatism have been reviewed. It has been shown that the data from automatic refractometry require clarification using wave aberrometry in the presence of significant higher-order aberrations. A rationale has been presented for transitioning from standard refraction to a comprehensive analysis of the individual optical profile of a patient, which integrates data from keratotopography and aberrometry for personalized vision correction.

Keywords: *astigmatism, refractometry, automatic refractometer, higher-order aberrations, wave aberrometry*

УДК 004.94

Программная оптимизация объектов энергетики с использованием современных технологий

Ильичев Владимир Юрьевич

ilyichev.vyu@bmstu.ru

Федоров Валерий Анатольевич

fedorov.va@bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Приведено исследование свойств актуальных программных решений, созданных с целью выявления наилучшего сценария эволюции энергетической системы, определенной пользователем. Графическое отображение итогов оптимизационных расчетов дает возможность экспертам в энергетической сфере выявить наиболее рациональные траектории модернизации и расширения анализируемой энергосистемы. В публикации освещаются характерные черты и преимущества применяемой методики, а также раскрываются нюансы подготовки и структурирования первичной информации. Представлены результаты имитационного моделирования энергосистемы высокой степени сложности, выполненного с использованием одной из современных программных платформ. На основании полученных выводов сформулированы прогнозы относительно потенциала внедрения и практической ценности данного метода.

Ключевые слова: энергетическая инфраструктура, многопараметрическая оптимизация, горючее, Python, фреймворк Тетоя

Энергетические системы выполняют фундаментальную функцию в поддержании приемлемого уровня жизнедеятельности населения в глобальном масштабе. Вместе с тем их архитектура, как правило, характеризуется высокой степенью сложности, обусловленной многочисленными компонентами и разнообразием взаимосвязей между ними [1].

В ответ на вызовы, связанные с анализом и рационализацией функционирования таких систем, в последние десятилетия были разработаны специализированные программные средства. В рамках настоящей работы в качестве иллюстрации подобного инструментария рассматривается фреймворк Тетоя [2] — платформа, реализованная на основе открытого языка программирования Python.

Главная цель Тетоя заключается в оптимизации структурных и функциональных параметров энергосистем. Данная задача приобретает особую актуальность ввиду одновременного сосуществования множества технологических решений в энергетике, что трансформирует проблему в многокритериальную оптимизационную задачу [3].

В рамках Тетоя энергетическая система моделируется как сеть взаимосвязанных компонентов, включающих как первичные энергетические ресурсы (например, органические — нефть, природный газ, или неорганические — уран), так и конечные потребности общества (такие как транспортные услуги,

теплоснабжение, освещение). Связующим звеном между ними выступают промежуточные технологические процессы, например генерация электроэнергии или производство моторных топлив.

Каждое взаимодействие в системе описывается через набор технологий и соответствующих им характеристик, в частности для тепловой электростанции это могут быть удельные капитальные затраты, коэффициент полезного действия и объем сопутствующих выбросов парниковых газов [4].

Методология оптимизации в Темоа. Процедура оптимизации реализуется посредством анализа математических моделей [5], описывающих возможные технологические пути удовлетворения заданных энергетических потребностей. Каждая такая модель сопровождается собственным набором ограничений. Целью оптимизационного процесса выступает выбор наиболее экономически эффективного технологического решения с учетом полного цикла затрат.

Для решения поставленной задачи в Темоа применяется метод линейного программирования. Такой выбор обусловлен тем, что альтернативные подходы (например, нелинейные или стохастические модели) оказываются малоприменимыми в условиях высокой размерности задачи из-за чрезмерной вычислительной трудоемкости [6].

Следует подчеркнуть, что Темоа представляет собой уникальный инструмент благодаря своей универсальности и открытости: он способен адаптироваться к широкому спектру энергетических задач, а его исходный код доступен для независимой верификации результатов. Оптимизация осуществляется на основе ретроспективных данных, что позволяет учитывать исторические тенденции в экономике, демографии и производственной сфере. При этом модель допускает возможность изменения закономерностей развития во времени, что повышает ее адаптивность к неопределенности будущих условий.

В качестве тестового примера в работе использована модель энергетической системы США, входящая в стандартный комплект поставки Темоа. Она включает следующие ключевые компоненты:

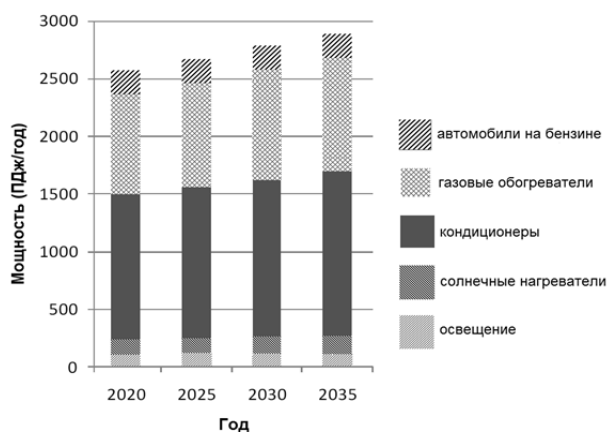
- 1) первичные энергетические ресурсы — как ископаемые (уголь, нефть, газ), так и возобновляемые (ветер, гидроэнергия);
- 2) технологии преобразования этих ресурсов в промежуточные энергоносители, например выработка электроэнергии из угля, ветра или воды, а также переработка нефти в дизельное топливо.

В качестве входных данных в модель были загружены исторические сведения о ценах на энергоресурсы в США за период с 1950 по 2019 гг.

Рассмотренная в исследовании модель охватывает 256 различных сценариев развития энергосистемы, из которых автоматически отбирается наиболее экономически целесообразный. Объем задачи составляет порядка 3 млн ограничений и 2 млн переменных, однако благодаря применению специализированных решателей, интегрированных в Темоа, удалось существенно сократить размерность задачи.

С помощью фреймворка Темоа была смоделирована динамика условной энергосистемы на горизонте 2020–2035 гг. Вычислительный эксперимент потребовал более недели машинного времени даже на современной вычислительной платформе, что свидетельствует о высокой сложности модели.

На рисунке представлены результаты моделирования с позиции конечного энергопотребления, в частности, распределение спроса между такими секторами, как легковой автотранспорт (бензин), газовое отопление, кондиционирование, солнечные теплогенераторы и осветительные приборы.



Результат вычисления прогноза вырабатываемой энергосистемой ресурсов

Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод о том, что основной вклад в рост установленной мощности вносит сектор кондиционирования. Данная тенденция обусловлена расширением производства соответствующего оборудования и последовательным снижением его удельной себестоимости.

Выводы по результатам исследования. Фреймворк Темоа демонстрирует высокую эффективность в решении сложных оптимизационных задач, характерных для современных энергетических систем, обеспечивая при этом выбор наиболее предпочтительных сценариев развития с точки зрения экономической рациональности. Временные затраты на получение решения находятся в пределах, приемлемых для задач подобной вычислительной сложности, что подтверждает его практическую применимость в условиях реального планирования.

Следует отметить, что удобство и гибкость использования Темоа будут неуклонно возрастать по мере совершенствования алгоритмических основ и методов математической оптимизации, интегрируемых в его архитектуру. Кроме того, результаты, генерируемые фреймворком, отличаются наглядностью и структурированностью, что предоставляет экспертам в области энергетики возможность адекватно интерпретировать полученные данные и принимать обоснованные стратегические решения.

Таким образом, применение многофакторной оптимизации на базе Темоа открывает существенные перспективы для повышения экономической эффективности функционирования и развития энергетического сектора в целом.

В перспективе авторы намерены расширить исследовательскую программу за счет апробации и сопоставительного анализа других программных платформ, способных реализовывать оптимизационные процедуры не только в рамках линейного программирования, но и с использованием более сложных, в том числе нелинейных, стохастических и динамических моделей, что позволит глубже учитывать неопределенность и многоаспектность реальных энергетических процессов.

Список источников

- [1] Рак В.А., Попов Б.И. Алгоритм расчета параметров работы энергетических установок для оптимизации структуры энергосистемы. *Труды БГТУ*, 2013, № 3, с. 175–178.
- [2] *Tools for Energy Model Optimization and Analysis*. URL: <https://temoacloud.com> (accessed 09.10.2025).
- [3] Федулов Ф.Э., Гусева Н.В. Исследование и разработка методов решения многокритериальных задач в энергетике. *Математические методы в технике и технологиях*, 2014, № 12(70), с. 127–130.
- [4] Raevsky V., Nasonov D., Ilichev V. Some recommendations for the calculation of pneumatic engines taking into account the smooth stop. *Vibroengineering PROCEDIA. Proceedings of the 52th International JVE Conference in St. Petersburg*, 2021, pp. 166–171.
- [5] Саханский Ю.В., Гаглоева И.Э., Соин А.М. Оптимизация информационных потоков и разработка модели организации информационного пространства в цифровой энергетике. Автоматизация. *Современные технологии*, 2023, т. 77, № 8, с. 375–380.
- [6] Ильичев В.Ю., Чухраев И.В., Чухраева А.И. Решение задачи перераспределения потоков газа на магистральных газопроводах методами линейного программирования. *Научные технологии*, 2020, т. 21, № 1, с. 11–17.

Software optimization of energy facilities using modern technologies

Ilyichev Vladimir Yurievich

ilyichev.vyu@bmstu.ru

Fedorov Valeriy Anatolievich

fedorov.va@bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

The paper contains a study of the properties of current software solutions created in order to identify the best scenario for the evolution of a user-defined energy system. Graphical display of the results of optimization calculations allows energy experts to identify the most rational trajectories of modernization and expansion of the analyzed energy system. The publication highlights the characteristics and advantages of the applied methodology, as well as reveals the nuances of preparing and structuring primary information. The results of simulation modeling of a high-complexity power system performed using one of the modern software platforms are presented. Based on the conclusions obtained, forecasts are made regarding the implementation potential and the practical value of this method.

Keywords: energy infrastructure, multiparametric optimization, fuel, Python, framework Temoa

УДК 004.94

Использование возможностей программы SimInTech для симуляции работы элементов энергетических установок

Ильичев Владимир Юрьевич

ilyichev.vyu@bmstu.ru

Федоров Валерий Анатольевич

fedorov.va@bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Работа посвящена формированию методологической основы для проведения имитационного моделирования в среде отечественного программного продукта SimInTech применительно к проектированию энергетических установок. Был проанализирован ряд типовых компонентов, традиционно применяемых в подобных системах, и дано описание их ключевых параметров и свойств. Авторами разработана демонстрационная модель, в рамках которой реализован процесс имитационного моделирования с задействованием двух различных категорий элементов. Для данной схемы выполнен численный расчет, а полученные характеристики подверглись детальному изучению. На основании результатов проведенных вычислительных экспериментов сформулированы обоснованные выводы, а также намечены возможные векторы дальнейшего совершенствования и развития предложенного методологического подхода.

Ключевые слова: энергоустановка, имитационное моделирование, динамическое моделирование, SimInTech, типовые звенья, система автоматического регулирования

В современной инженерной практике методы имитационного моделирования технических систем [1] получили широкое применение, поскольку позволяют существенно повысить эффективность проекторочных работ, одновременно улучшая эксплуатационные и функциональные параметры разрабатываемых устройств. Особенно высока их ценность при создании систем, ориентированных на реализацию прецизионных процессов, включая задачи автоматического регулирования и управления механизмами [2].

Одним из наиболее развитых отечественных решений в области имитационного проектирования выступает программный комплекс SimInTech [3], предназначенный для моделирования динамических процессов в сложных технических системах. В настоящее время особенно актуальной представляется задача расширения сферы его применения в контексте проектирования, анализа и оптимизации энергетических установок.

Программная среда SimInTech ориентирована на исследование временной эволюции характеристик динамических систем управления. Моделируемые системы представляются в виде структурных (логических) схем [4], где каждый компонент описывается посредством алгебраических, дифференциальных или интегральных уравнений, отражающих его внутреннюю динамику.

Для обеспечения удобства взаимодействия пользователя с программой все функциональные возможности сгруппированы в ряд специализированных меню (функциональных библиотек). Построение структурных схем осуществляется путем компоновки блоков различного назначения в едином графическом окне. Соединение элементов выполняется с помощью направленных линий связи, привязываемых к специализированным портам ввода и вывода. При моделировании энергетического оборудования задействуются такие библиотеки, как «Регуляторы», «Электроприводы», «Двигатели внутреннего сгорания», «Гидросистемы», «Теплогидравлика», «Газотурбинные двигатели» и другие.

Пример построения и анализа структурной схемы в SimInTech.

В качестве иллюстрации рассмотрим процедуру формирования и исследования демонстрационной модели, включающей два класса динамических звеньев:

Инерционные звенья [5], характерные для таких компонентов, как роторы турбин и генераторов, аккумуляторы энергии, трансформаторы, а также элементы систем автоматического регулирования;

Колебательные звенья [6], встречающиеся, например, в конструкциях опор и в контурах автоматического управления.

Указанные типы звеньев интегрируются в имитационную схему, отражающую фрагмент энергетической установки. Кроме того, на схеме размещается генератор входного воздействия. В данном случае задается ступенчатый сигнал с начальной амплитудой $A = 0$, конечной амплитудой $A = 1$ и временем перехода $t = 2,5$ с.

В результате формируется расчетная модель демонстрационного примера, визуализированная на рис. 1.

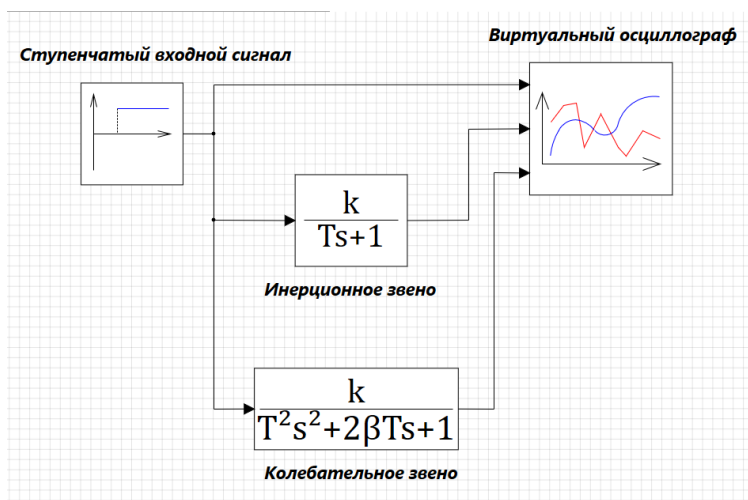


Рис. 1. Расчетная схема демонстрационного примера

Временные диаграммы динамических переходов, сформированные посредством вычислительного моделирования и визуализированные на виртуальном осциллографе, представлены на рис. 2.

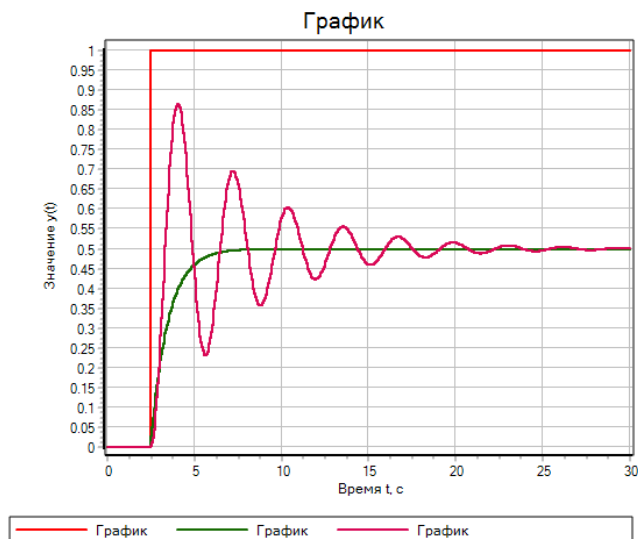


Рис. 2. Графики переходных процессов после звеньев системы моделирования SimInTech, выведенные на виртуальный осциллограф

На рис. 2 представлены три временные диаграммы, иллюстрирующие поведение ступенчатого входного воздействия при его прохождении через различные типы динамических элементов.

1. Оранжевая кривая отображает исходный ступенчатый сигнал с амплитудой $A = 1$, подаваемый на вход системы в момент времени $t = 2,5$ с и передаваемый на выход без каких-либо преобразований (непосредственно на виртуальный осциллограф).

2. Зеленая кривая соответствует тому же ступенчатому воздействию, пропущенному через инерционное звено с коэффициентом усиления $k = 0,5$ и постоянной времени $T = 1$.

3. Красная кривая демонстрирует реакцию колебательного звена на аналогичный входной сигнал при коэффициенте усиления $k = 0,5$, постоянной времени $T = 0,5$ и коэффициенте демпфирования $\beta = 0,1$.

Приведенные графики наглядно отражают особенности динамического отклика каждого из рассмотренных элементов. При этом характер переходных процессов может быть целенаправленно модифицирован посредством изменения параметров модели, в частности коэффициентов усиления, постоянных времени и демпфирования, определяющих поведение соответствующих звеньев [7].

Таким образом, настоящая работа носит методологический характер и представляет собой вводное исследование в область построения имитационных моделей с использованием отечественной программной платформы SimInTech. Рассмотренные типы динамических звеньев — инерционное и колебательное — являются характерными компонентами систем автоматического управления, применяемых в составе силовых установок и энергоблоков. В связи с этим представленную публикацию следует рассматривать как начальный этап системного изучения автоматизированных регуляторных контуров в энергетике.

Планируемые дальнейшие исследования предполагают расширение аналитического аппарата за счет применения методов статистического моделирования и оценки функционирования подобных систем управления в условиях стохастической неопределенности.

Разработанный подход демонстрирует достаточную адекватность для идентификации и оценки параметров (в частности, коэффициентов передачи и временных характеристик) реальных систем автоматического регулирования энергетических установок. В связи с этим перспективным направлением представляется формализация обобщенной процедуры идентификации динамических моделей систем управления и эксплуатационных режимов турбогенераторов с использованием программного комплекса SimInTech.

Список источников

- [1] Герасимов Д.О., Суслов К.В. Методы моделирования режимов интегрированных мульти-энергетических систем на базе концепции энергетического хаба в системах имитационного моделирования. *Энергетик*, 2022, № 10, с. 32–36.
- [2] Ильичев В.Ю., Савин В.Ю. Динамическое моделирование системы антипомпажного регулирования центробежного компрессора. *Компрессорная техника и пневматика*, 2020, № 2, с. 34–38.
- [3] Ильичев В.Ю., Герасимова Н.С. Моделирование работы гидравлической турбины в программе SimInTech. *E-Scio*, 2023, № 7(82), с. 171–179.
- [4] Четошникова Л.М., Смоленцев Н.И., Томских Н.В., Гимгина Д.А., Лаврентьева Д.А. Управление потоками мощности в локальных сетях. *Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики*, 2023, т. 25, № 5, с. 74–82.
- [5] Кулаков Г.Т., Кулаков А.Т., Воюш Н.В. Синтез инвариантных систем автоматического регулирования с внутренней моделью. *Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ*, 2022, т. 65, № 6, с. 539–550.
- [6] Марюхненко В.С., Тувшинтур З., Елгин А.А. Структурный синтез параметрической линейной коррекции переходного процесса апериодической системы автоматического регулирования. *Современные технологии. Системный анализ. Моделирование*, 2014, № 1(41), с. 133–139.
- [7] Ильичев В.Ю., Юрик Е.А. Обработка статистических данных методом глубокого обучения с использованием модуля Keras. *Научное обозрение. Технические науки*, 2020, № 5, с. 16–20.

Use SimInTech to simulate the operation of power plant components

Ilyichev Vladimir Yurievich

ilyichev.vyu@bmstu.ru

Fedorov Valeriy Anatolievich

fedorov.va@bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

The work presented in the article is devoted to the formation of a methodological basis for conducting simulation modeling in the environment of the domestic software product SimInTech in relation to the design of power plants. During the study, a number of typical components traditionally used in such systems were analyzed, and a description of their key parameters and properties was given. The authors have developed a demonstration model, within the framework of which the simulation modeling process is implemented using two different categories of elements. A numerical calculation was performed for this scheme, and the obtained characteristics were subjected to a detailed study. Based on the results of computational experiments, justified conclusions are formulated, as well as possible vectors for further improvement and development of the proposed methodological approach are outlined.

Keywords: power plant, simulation, dynamic simulation, SimInTech, standard links, automatic control system

УДК 004.94

Анализ применения программ трехмерного параметрического моделирования компонентов энергоустановок

Ильичев Владимир Юрьевич

ilyichev.vyu@bmstu.ru

Федоров Валерий Анатольевич

fedorov.va@bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Исследованы области применения специализированных программных комплексов, обеспечивающие трехмерное параметрическое проектирование. Подробно рассмотрены характерные особенности, преимущества и ограничения современных решений, включающих свободные и проприетарные инструменты, предназначенные для автоматизированного параметрического конструирования узлов энергетических установок. Проведен детальный сравнительный анализ функциональных возможностей и объема технологических решений, предоставляемых различными системами проектирования. Итоговый вывод позволяет потенциальному пользователю объективно оценить эффективность каждого программного продукта и принять обоснованное решение относительно выбора оптимального инструмента для реализации поставленных проектировочных задач.

Ключевые слова: *трехмерная геометрическая модель, параметрическое проектирование, свободное программное обеспечение, проприетарный программный комплекс*

Параметрическое моделирование — это особый метод разработки математических моделей, который основывается на задании характеристик отдельных компонентов конструкции и установлении функциональных связей между этими компонентами. Такой подход позволяет эффективно создавать модели объектов с большим количеством одинаковых структурных элементов и разнообразием геометрических параметров.

Данный метод активно применяется при проектировании сложных изделий, таких как механизмы, корпуса оборудования, детали двигателей и многие другие компоненты промышленных установок, в том числе энергетических. Основное преимущество заключается в возможности изменения определенных параметров модели без необходимости полного пересчета всей конструкции заново.

Процесс параметрического моделирования состоит из ряда последовательных этапов, каждый из которых важен для получения корректного результата.

1. Формулирование начальной концепции: определяются основные характеристики будущей конструкции, устанавливаются ограничения и задаются первичные геометрические параметры.

2. Определение ключевых параметров: выбираются наиболее важные характеристики, влияющие на поведение моделируемого объекта. Для каждого параметра формируются зависимости и связи с остальными элементами.

3. Создание параметрической геометрии: формируется трехмерная модель, основанная на зафиксированных координатах и положениях всех компонентов относительно друг друга.

4. Автоматическое изменение значений параметров: за счет автоматизации проводится многократное изменение выбранных параметров до тех пор, пока не будут достигнуты оптимальные конфигурации.

Этот процесс обеспечивает гибкость проекта, позволяя легко адаптироваться к изменениям требований заказчика или производственной ситуации.

Метод параметрического моделирования нашел широкое применение в энергетической промышленности. Типичными примерами являются проектирование лопаток турбин, опорных конструкций, деталей гидравлических систем и механизмов. Например, создание серии аналогичных насосов с разными диаметрами трубопроводов требует минимального вмешательства разработчика благодаря заранее запрограммированным алгоритмам параметрического управления.

Сегодня большинство современных систем автоматизированного проектирования (САПР) поддерживают технологию параметрического моделирования. Среди популярных коммерческих (проприетарных) пакетов можно выделить:

- AutoCAD компании Autodesk [1];
- Siemens NX, разработанный немецкой корпорацией Siemens AG;
- SolidWorks фирмы Dassault Systemes;
- отечественный продукт КОМПАС-3D производства компании АСКОН.

Кроме того, существуют бесплатные альтернативы, такие как FreeCAD и Blender. Эти системы позволяют инженерам проводить расчет прочности и жесткости конструкций, анализировать деформации материала методом конечных элементов и выполнять прочие расчеты.

По сравнению с бесплатными аналогами, коммерческие пакеты имеют ряд значительных преимуществ:

- регулярное обновление и поддержка стабильной работы версий;
- полноценные наборы специализированных функций для конкретных отраслей;
- качественная документация и техническая поддержка пользователей;
- возможности интеграции с высокоуровневыми языками программирования, такими как C++ и Python [2, 3], что значительно ускоряет разработку специализированных приложений.

Эти преимущества делают коммерческие решения предпочтительным выбором крупных компаний и исследовательских центров.

Тем не менее, коммерческий софт имеет и некоторые недостатки:

- высокие затраты на приобретение лицензий ограничивают доступность для небольших организаций;
- некоторые системы привязаны к конкретному типу аппаратного обеспечения или операционной среде, снижая мобильность рабочих проектов.

Это создает препятствия для широкого внедрения коммерческого ПО на малых предприятиях и в образовательных учреждениях.

Открытые и свободно распространяемые системы также пользуются популярностью, особенно среди начинающих инженеров и студентов. К таким пакетам относятся уже упомянутые FreeCAD и Blender [4].

Основные преимущества бесплатных аналогов заключаются в следующем:

- отсутствие затрат на лицензии, что облегчает внедрение в малый бизнес и учебные заведения;
- большое сообщество активных разработчиков, которое поддерживает постоянное расширение функционала и устранение ошибок;
- простота изучения и адаптации новых пользователей благодаря наличию большого количества учебных пособий и руководств;
- независимость от конкретной операционной системы, что повышает мобильность рабочего процесса.

Несмотря на меньшую функциональность по сравнению с коммерческими решениями, свободные системы отлично подходят для выполнения многих базовых задач инженерного анализа и проектирования энергетического оборудования.

Таким образом, как коммерческие, так и бесплатные программные средства демонстрируют высокий уровень развития технологий параметрического моделирования. Выбор подходящего инструмента зависит от множества факторов, включая особенности проектной задачи, финансовые возможности предприятия и квалификацию сотрудников.

Широкое внедрение технологий параметрического проектирования элементов энергоустановок позволит повысить качество изделий и ускорить инновационные процессы в области российского энергомашиностроения.

Список источников

- [1] Говоров Ю.В. Создание параметрических чертежей в среде пакета AutoCAD. *Современные проблемы совершенствования работы железнодорожного транспорта*, 2014, № 10, с. 172–177.
- [2] Ильичев В.Ю. Использование библиотеки ZenCAD языка Python для разработки универсальной методики создания объемных изделий. *Системный администратор*, 2021, № 6(223), с. 82–85.
- [3] Ильичев В.Ю. Создание параметрических конечно-элементных трехмерных объектов с использованием функций Python. *Системный администратор*, 2021, № 5(222), с. 82–85.
- [4] Ермолаева А.В. Применение программного продукта FreeCAD для решения прикладных пользовательских задач в нефтегазовой отрасли. *Нефть и газ Западной Сибири. Междунар. науч.-техн. конф., посв. 50-летию Тюменского индустриального института: матер. Тюмень, Тюменский государственный университет*, 2013, с. 14–18.

Analysis of application of programs of 3D parametric modeling of power plant components

Ilyichev Vladimir Yurievich

ilyichev.vyu@bmstu.ru

Fedorov Valeriy Anatolievich

fedorov.va@bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

Areas of application of specialized software complexes providing three-dimensional parametric design are investigated. Characteristic features, advantages and limitations of modern solutions, including free and proprietary in-tools, intended for automated parametric design of power plant units, are considered in detail. A detailed comparative analysis of the functionality and scope of technological solutions provided by various design systems was carried out. The final conclusion allows the potential user to objectively assess the effectiveness of each software product and make a informed decision regarding the choice of the optimal tool for the rearrangement of the set design tasks.

Keywords: *three-dimensional geometric model, parametric design, free software, proprietary software package*

УДК 620.92

Исследование и разработка автономной системы взвешивания ульев на основе гибридного энергоснабжения

Шендо Анна Сергеевна belova.a@bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Рассмотрена необходимость использования возобновляемых источников энергии в агропромышленном комплексе. Основное внимание уделено созданию автономных энергетических решений для кочевых пасек, испытывающих потребность в мобильных источниках питания. Исследованы возможности комбинирования солнечных, ветровых установок и микробных топливных элементов для обеспечения работы систем контроля состояния ульев. Подчеркнута важность комплексного подхода к внедрению ВИЭ в сельском хозяйстве. Описан базовый вид установки для снятия и передачи данных с конкретного улья и способ передачи их в базу данных.

Ключевые слова: агропромышленный комплекс, возобновляемые источники энергии, гибридные энергосистемы, автономные системы энергоснабжения

Целью исследования является разработка и научное обоснование концепции автономной системы мониторинга параметров улья для кочевых пасек, функционирующей на основе гибридной энергосистемы и технологии дистанционной передачи данных, направленной на повышение эффективности пчеловодческой деятельности. Для достижения поставленной цели предполагается решение следующих научно-практических задач: во-первых, провести анализ специфики кочевого пчеловодства как мобильного сегмента агропромышленного комплекса с выделением критических параметров мониторинга, включая динамику массы улья и показатели микроклимата, определяющих продуктивность медосбора и физиологическое состояние пчелиной семьи [1]; во-вторых, осуществить обоснование архитектурных решений аппаратной части системы, предусматривающее выбор и компоновку измерительных модулей на основе тензометрических датчиков и сенсоров температуры, влажности и атмосферного давления, разработку гибридной системы энергоснабжения, сочетающей солнечные панели и микробные топливные элементы для обеспечения энергетической автономности, а также выбор и интеграцию GSM-модуля телеметрии для дистанционной передачи данных в условиях наличия покрытия сотовых сетей; в-третьих, разработать методические подходы к комплексной оценке энергетической и экономической эффективности предлагаемого решения с учетом влияния климатических факторов, особенностей кочевого режима и производственных показателей пасеки; в-четвертых, оценить целесообразность и потенциальные направления адаптации аналогичных автономных систем на основе возобновляемых источников энергии для других сегментов сельскохозяйственного производства.

Актуальность внедрения возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в агропромышленный комплекс (АПК) обусловлена общей тенденцией к повышению устойчивости и экологичности сельскохозяйственного производства. Традиционно значительная часть предприятий АПК, таких как перерабатывающие заводы, элеваторы и крупные животноводческие комплексы, расположена в относительной близости к промышленным узлам или транспортным артериям, что позволяет им использовать стабильные централизованные линии электроснабжения. Эта инфраструктура хорошо развита и обеспечивает надежное энергоснабжение для стационарных объектов, что является доминирующей моделью для многих сегментов АПК.

Однако в структуре агропромышленного комплекса существуют мобильные и динамичные формы деятельности, которые кардинально отличаются по своей логистике и, как следствие, по энергетическим потребностям. Ярким примером такой деятельности является кочевое (или мобильное) пчеловодство. Его специфика заключается в необходимости постоянного перемещения пасек в течение сезона для оптимизации опыления сельскохозяйственных культур и сбора меда с различных медоносов. Локация ульев меняется в строгом соответствии с периодами цветения тех или иных растений, что делает их принципиально нестационарными объектами. В таких условиях подключение к централизованным электрическим сетям становится технически невозможным или экономически нецелесообразным, поскольку инфраструктура является фиксированной, а пасака — временной и подвижной. Именно эта фундаментальная дихотомия между статичной энергосистемой и мобильным производственным активом формирует острую необходимость в поиске альтернативных, автономных решений для энергообеспечения, в роли которых и выступают гибридные системы на основе ВИЭ [2].

Ключевым параметром, позволяющим объективно оценить эффективность медосбора и общее состояние пчелиной семьи, является динамика изменения массы улья. В текущей практике подавляющее большинство пчеловодов для контроля ограничиваются использованием стандартных ульев без встроенных систем мониторинга, осуществляя оценку посредством эпизодического визуального осмотра. Однако именно непрерывный контроль веса предоставляет комплексную диагностическую информацию: резкий прирост массы свидетельствует об активном медосборе и определяет оптимальные сроки его откачки, стабилизация или снижение веса могут указывать на прекращение взятка или возникновение дефицита кормовой базы, а внезапное резкое уменьшение массы с высокой долей вероятности сигнализирует о выходе роя. Таким образом, мониторинг массы улья трансформируется из простого измерения в крайне востребованный инструмент для принятия своевременных зоотехнических и технологических решений в пчеловодстве. Проведенный анализ хозяйственной деятельности передвижных (кочевых) пасек выявил, что их функционирование характеризуется регулярной сменой локаций в соответствии с периодом цветения медоносных культур. Данный факт обуславливает ключевое требование к системе мониторинга: она должна

быть полностью автономной и независимой от стационарной электрической сети. Для решения этой задачи в рамках разработки специализированного устройства был выбран путь миниатюризации и энергоэффективности. С целью сокращения общих массогабаритных показателей предлагается использовать аккумуляторную батарею минимально возможной, но достаточной для обеспечения базового функционирования, емкости. Компенсация ограниченного энергозапаса аккумулятора и обеспечение длительной автономной работы достигается за счет интеграции в устройство элементов, осуществляющих сбор и конвертацию энергии из внешней среды. В качестве таких источников рассматриваются фотоэлектрические преобразователи (солнечные панели), обладающие высокой удельной мощностью в светлое время суток, а также микробные топливные элементы (МТЭ) [3], способные генерировать электроэнергию за счет биохимических процессов, что особенно перспективно в условиях отсутствия солнечной инсоляции. Таким образом, предлагаемая архитектура гибридной системы питания направлена на создание компактного, энергетически самодостаточного устройства, отвечающего специфике мобильного пчеловодства.

Конструкция предлагаемой системы мониторинга предусматривает использование в качестве базового элемента четырех тензометрических датчиков, обеспечивающих высокоточное измерение совокупной массы улья. Для комплексного отслеживания условий микроклимата в составе аппаратного комплекса также интегрированы сенсоры температуры, атмосферного давления и относительной влажности воздуха. Решение проблемы энергоснабжения в условиях автономной работы реализовано за счет применения гибридной схемы, включающей фотоэлектрический модуль (солнечную панель) и микробный топливный элемент (МТЭ), что гарантирует непрерывность функционирования устройства [4]. Для дистанционной передачи всех собираемых телеметрических данных используется встроенный GSM-модуль. Применение данного канала связи обеспечивает универсальность и территориальную независимость системы, позволяя ей работать в любом географическом районе, охваченном сетью сотовой связи стандарта GSM.

Список источников

- [1] Логинов Н.А., Сочнева С.В., Трофимов Н.В. Научное обеспечение инновационного развития цифровых технологий в пчеловодстве. *Агробиотехнологии и цифровое земледелие*, 2023, т. 2, № 1, с. 58–63.
- [2] Полищук А.А., Михальцевич Г.А. Использование возобновляемых источников энергии в аграрно-промышленном комплексе. *Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ*, 2012, № 4, с. 42–45.
- [3] Кусачева С.А., Никулин С.И., Сафронова М.Е., Бархатов С.Д., Артемьева А.А., Кусачева Е.А., Алимханов Р.Р., Федорова З.С., Алешин И.В., Воронин А.А. Применение высушенного активного ила в микробных топливных элементах и гибридных зарядных устройствах. *Наукоемкие технологии в приборо- и машиностроении и развитие инновационной деятельности в вузе. Всерос. науч.-техн. конф.: матер.* Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2023, с. 234–237.

- [4] Кешунов С.А., Байсенова Г.С., Молдыбаева Н.И. Синтез структуры систем автономного энергоснабжения на основе возобновляемых источников энергии. *Вестник Алматинского университета энергетики и связи*, 2020, № 4, с. 27–40.

Research and development of autonomous hive weighing system based on hybrid power supply

Shendo Anna Sergeevna

belova.a@bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

This article examines the need for renewable energy sources in the agro-industrial complex. It focuses on creating autonomous energy solutions for nomadic apiaries requiring mobile power sources. The potential for combining solar, wind, and microbial fuel cells to power hive monitoring systems is explored. The importance of an integrated approach to implementing renewable energy sources in agriculture is emphasized. A basic setup for collecting and transmitting data from a specific hive and a method for uploading it to a database is described.

Keywords: *agro-industrial complex, renewable energy sources, hybrid energy systems, autonomous power supply systems*

УДК 620.92

Разработка модели перехода региона РФ на альтернативные источники энергоснабжения

Тимофеев Максим Владимирович

tmv24km219@student.bmstu.ru

Кусачева Светлана Александровна

kusachevasa@bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Переход регионов Российской Федерации на использование возобновляемых источников энергии является актуальной задачей современности. Это связано с необходимостью снижения зависимости от традиционных энергоносителей, повышением экологической устойчивости и обеспечением энергетической безопасности. Настоящая работа посвящена разработке модели поэтапного перехода Калужской области на альтернативные виды энергоснабжения, включая солнечную энергию, гидроэнергетику, ветроэнергетику и биоэнергетику.

Ключевые слова: возобновляемые и нетрадиционные источники энергии, зеленая энергетика, экологичность, экономичность, биотопливо

Вопросы энергетической безопасности, экологической устойчивости и диверсификации энергетических ресурсов становятся все более актуальными для Российской Федерации. В связи с этим разработка и реализация моделей перехода отдельных регионов на альтернативные источники энергии (АИЭ) представляется перспективным направлением [1]. Калужская область — регион с развитой промышленностью и растущим населением, что обуславливает значительный спрос на электроэнергию и тепловую энергию. В настоящее время основными источниками энергии являются традиционные ископаемые виды топлива (газ, уголь, мазут), что приводит к некоторым негативным последствиям.

Калужская область обладает значительным потенциалом для развития АИЭ [2].

Биомасса: наличие развитого сельского хозяйства и лесного сектора создает возможности для использования биомассы (древесина, отходы сельского хозяйства) для производства энергии.

Солнечная энергия: уровень солнечной радиации в регионе достаточен для эффективной работы солнечных электростанций (СЭС).

Ветроэнергетика: отдельные районы области, особенно на западе, характеризуются достаточным ветровым потенциалом для установки ветроэлектростанций (ВЭС).

Геотермальная энергия: возможности использования геотермальной энергии для отопления и горячего водоснабжения ограничены, но могут быть реализованы в отдельных локациях.

Гидроэнергетика: наличие рек и водоемов позволяет использовать малые гидроэлектростанции (ГЭС).

Предлагаемая модель перехода на АИЭ предусматривает поэтапное внедрение различных видов альтернативной энергии с учетом специфики региона и экономической целесообразности [3, 4].

Этап 1. Пилотные проекты и развитие нормативно-правовой базы:

- реализация пилотных проектов: строительство небольших СЭС, ВЭС, биогазовых установок и малых ГЭС в различных районах области для оценки эффективности и отработки технологий;

- разработка и принятие региональной программы развития АИЭ: создание благоприятных условий для инвесторов, включая налоговые льготы, упрощенную процедуру получения разрешений и гарантии выкупа электроэнергии;

- проведение информационно-просветительской работы: повышение осведомленности населения о преимуществах АИЭ и стимулирование спроса на «зеленую» энергию.

Этап 2. Масштабное внедрение АИЭ и модернизация энергетической инфраструктуры:

- строительство крупных СЭС и ВЭС: привлечение инвестиций для строительства крупных электростанций, работающих на солнечной и ветровой энергии;

- развитие биоэнергетики: стимулирование использования биомассы для производства тепла и электроэнергии, в том числе путем строительства когенерационных установок;

- модернизация энергетической инфраструктуры: замена устаревшего оборудования, внедрение современных технологий передачи и распределения электроэнергии, развитие интеллектуальных сетей;

- развитие локальных энергетических систем: поддержка создания локальных энергетических систем на основе АИЭ для удаленных населенных пунктов и промышленных предприятий.

Этап 3. Интеграция АИЭ в единую энергосистему и формирование «зеленой» экономики:

- интеграция АИЭ в единую энергосистему: обеспечение стабильной и надежной работы энергосистемы при высокой доле АИЭ, в том числе путем использования систем накопления энергии (аккумуляторы, гидроаккумулирующие электростанции);

- развитие «зеленой» экономики: стимулирование развития предприятий, производящих оборудование и технологии для АИЭ, а также оказывающих услуги в сфере экологической энергетики;

- экспорт «зеленой» энергии: рассмотрение возможности экспорта электроэнергии, произведенной из АИЭ, в другие регионы России и за рубеж;

- разработка системы сертификации «зеленой» энергии: создание системы, позволяющей потребителям выбирать электроэнергию, произведенную из АИЭ, и стимулировать спрос на «зеленую» энергию.

Перспективы развития направления альтернативной энергетики в Калужской области. Реализация предложенной модели перехода на АИЭ открывает широкие перспективы для развития Калужской области [5].

Снижение зависимости от импорта энергоносителей: увеличение доли АИЭ в энергетическом балансе позволит уменьшить зависимость региона от внешних поставщиков топлива и повысить энергетическую безопасность.

Улучшение экологической обстановки: сокращение выбросов парниковых газов и других вредных веществ приведет к улучшению качества воздуха и здоровья населения.

Создание новых рабочих мест: развитие сферы АИЭ потребует квалифицированных специалистов для проектирования, строительства, эксплуатации и обслуживания электростанций, а также для производства оборудования и технологий.

Привлечение инвестиций: реализация проектов в сфере АИЭ может стать привлекательным направлением для инвестиций, как российских, так и зарубежных.

Повышение конкурентоспособности региона: развитие «зеленой» экономики и использование АИЭ может повысить инвестиционную привлекательность и конкурентоспособность Калужской области.

Укрепление имиджа региона: Калужская область может стать лидером в сфере развития АИЭ и «зеленой» экономики, что позитивно скажется на ее имидже и репутации.

Переход на альтернативные источники энергоснабжения представляет собой стратегически важную задачу для Калужской области и Российской Федерации в целом. Предложенная модель поэтапного внедрения АИЭ позволит региону снизить зависимость от импорта энергоносителей, улучшить экологическую обстановку, создать новые рабочие места и повысить конкурентоспособность экономики. Реализация данного проекта требует комплексного подхода, включающего разработку нормативно-правовой базы, привлечение инвестиций, проведение информационно-просветительской работы и модернизацию энергетической инфраструктуры. При грамотном управлении и активной поддержке государства Калужская область может стать успешным примером перехода на устойчивую и экологически чистую энергетику.

Список источников

- [1] Андреев О.А. *Возобновляемая энергетика: региональный аспект*. Новосибирск, Сибирское университетское изд-во, 2017, 320 с.
- [2] Карпов Н.Н., Макаров А.М. *Альтернативные источники энергии и экология региона*. Екатеринбург, УрФУ, 2019, 280 с.
- [3] Климова Е.Г. *Экономика перехода к возобновляемым источникам энергии в регионах России*. Саратов, Саратовский гос. техн. ун-т, 2020, 360 с.
- [4] Тихонович Р.А. *Переход регионов России на альтернативные источники энергии: теория и практика*. Воронеж, ВГУИТ, 2021, 400 с.
- [5] Шаповалов В.Б. *Проблемы и перспективы развития возобновляемой энергетики в субъектах Российской Федерации*. Москва, МГУПП, 2022, 384 с.

Development of a model for the transition of the Russian Federation region to alternative energy sources

Timofeev Maxim Vladimirovich

tmv24km219@student.bmstu.ru

Kusacheva Svetlana Aleksandrovna

kusachevasa@bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

The transition of the Russian Federation regions to the use of renewable energy sources is an urgent task of our time. This is due to the need to reduce dependence on traditional energy sources, increase environmental sustainability, and ensure energy security. This work is devoted to the development of a model for the gradual transition of the Kaluga region to alternative energy sources, including solar energy, hydropower, wind energy, and bioenergy.

Keywords: *renewable and non-traditional energy sources, green energy, environmental friendliness, cost-effectiveness, and biofuels*

УДК 620.92

Агровольтаика: совмещение сельского хозяйства и солнечной энергетики

Михалева Софья Романовна

sonaymikhaleva68@gmail.com

Кусачева Светлана Александровна kusachevasa@bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Рассмотрена инновационная технология агровольтаики, представляющая собой двойное использование земельных ресурсов для производства сельскохозяйственной продукции и генерации солнечной энергии. Показано, что успешность внедрения системы зависит от конфигурации солнечных панелей, климатических условий и правильного подбора культур. Представлены ключевые преимущества и выявленные проблемы, такие как высокие первоначальные затраты и неразвитая нормативная база. Сделаны выводы, что агровольтаику можно применять для повышения энергетической независимости и финансовой устойчивости фермерских хозяйств, несмотря на возможное умеренное снижение урожайности.

Ключевые слова: агровольтаика, солнечная энергетика, сельское хозяйство, устойчивое развитие, энергоэффективность

Рассмотрена инновационная технология двойного использования земельных ресурсов, известная как агровольтаика [1]. Основная цель системы — обеспечение сельскохозяйственного производства, при этом выработка электроэнергии служит дополнительным источником дохода. Актуальность работы обусловлена растущей потребностью в повышении эффективности использования земель и развитии возобновляемой энергетики. Целью исследования является анализ факторов успеха, преимуществ и недостатков агровольтаических систем. Задачи включают оценку влияния технологии на урожайность, микроклимат и экономические показатели фермерских хозяйств.

Был поставлен натурный эксперимент по изучению влияния условий освещенности и тепла, создаваемых солнечными панелями, на прорастивание и начальный рост двух различных видов салата. Целью работы являлась сравнительная оценка скорости прорастания и развития салатов сортов «Мэй Кинг» и «Снежная королева». Для проведения эксперимента использовались две солнечные панели и две емкости с растениями, размещенные в идентичных условиях, но вокруг одной из емкостей были расположены панели (рис. 1).

Основным методом исследования стало визуальное наблюдение и фиксация фенологических фаз развития растений в течение установленного периода. В результате было установлено, что сорт «Мэй Кинг» продемонстрировал успешное и быстрое прорастание независимо от расположения. Сорт «Снежная Королева», известный замедленным начальным развитием, в контрольной емкости (без панели) (рис. 2) показал крайне низкую и запоздалую всхожесть.



Рис. 1. Лабораторная модель агровольтаической системы

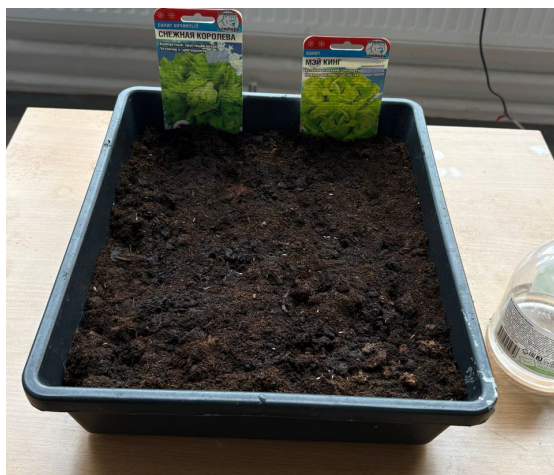


Рис. 2. Образец, находящийся без солнечных панелей

В то же время с солнечными панелями у «Снежной Королевы» были зафиксированы немногочисленные, но уверенные ростки спустя 13 дней (рис. 3).

Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что для медленно прорастающих культур, подобных салату «Снежная Королева», тепло, отдаваемое от агровольтаических систем может оказывать не угнетающее, а стимулирующее воздействие на преодоление начальной фазы развития. Таким образом, микроклиматические условия с панелями можно применять для оптимизации проращивания трудных культур, что требует дальнейших исследований с точными физическими измерениями.

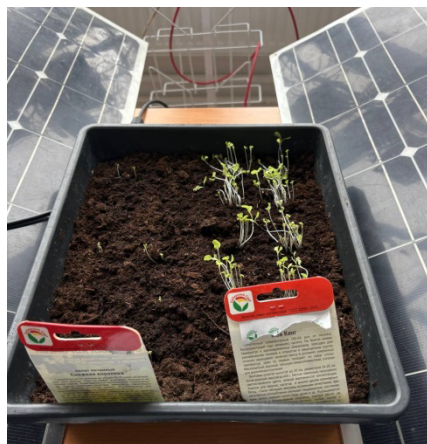


Рис. 3. Образец, расположенный с агровольтаической системой

Методология исследования основана на анализе практических примеров внедрения и научных данных. Установлено, что успешность системы зависит от трех основных элементов: конфигурации панелей, климатических условий и выбора культур [2]. В умеренных зонах частичное затенение подходит для лука, зелени и бобовых, а в жарких регионах панели служат для защиты почвы от перегрева и испарения влаги [3]. Для повышения эффективности применяются поворотные системы и полупрозрачные панели.

Результаты исследования демонстрируют значительные выгоды технологии. К ним относятся двойное использование земли, управление микроклиматом, снижение углеродного следа и получение дополнительного финансового дохода [4]. Социальный эффект проявляется в создании новых рабочих мест и развитии агротуризма. Однако выявлены и серьезные недостатки: высокие первоначальные затраты и потенциальное снижение урожайности на 20–30 % при неправильном подходе.

Экономические расчеты для США показывают, что срок окупаемости проектов составляет 5–7 лет [5]. Важным аспектом является оптимизация установки панелей. Для регионов России, таких как Калужская область, оптимальным решением является сезонная регулировка угла наклона или установка стационарных систем с углом 47–52° для холодного и 34–37° для теплого времени года [6].

В заключение следует отметить, что агровольтаика представляет собой интегрированную систему, требующую тщательного планирования. Несмотря на существующие барьеры, она доказала свой потенциал для радикального повышения энергетической независимости и финансовой устойчивости сельскохозяйственных предприятий. Для успешного развития этого направления в России необходима разработка понятной правовой базы и поддержка внедрения доступных технологий.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- [1] Dinesh H., Pearce J.M. The potential of agrivoltaic systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2016, vol. 54, pp. 299–308.
- [2] Dupraz C. et al. Combining solar photovoltaic panels and food crops for optimising land use: Towards new agrivoltaic schemes. *Renewable Energy*, 2011, vol. 36, no. 10, pp. 2725–2732.
- [3] Мелихов И.В., Сидорова А.К. Перспективы агровольтаики в условиях современного сельского хозяйства. *Агроэкология и устойчивое развитие*, 2022, № 1, с. 45–52.
- [4] *Sustainable Agriculture Research*. URL: <https://sare.org/redhill-case-study> (accessed 10.12.2023).
- [5] Тихонов А.А., Белова Е.Д. Энергообеспечение сельскохозяйственных предприятий на основе возобновляемых источников. *Инновации в АПК*, 2021, № 4(45), с. 88–95.
- [6] Barron-Gafford G.A. et al. Agrivoltaics provide mutual benefits across the food–energy–water nexus in drylands. *Nature Sustainability*, 2019, vol. 2, pp. 848–855.

Agrovoltaics: combining agriculture and solar energy

Mikhaleva Sofya Romanovna

sonaymikhaleva68@gmail.com

Kusacheva Svetlana Alexandrovna

kusachevasa@bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

An innovative technology of agrovoltaics is considered, which represents the dual use of land resources for agricultural production and solar energy generation. It is shown that the success of the system implementation depends on the configuration of solar panels, climatic conditions and the correct selection of crops. The key advantages and identified problems, such as high initial costs and an undeveloped regulatory framework, are presented. It is concluded that agrovoltaics can be used to increase energy independence and financial stability of farms, despite a possible moderate decrease in yields.

Keywords: agrovoltaics, solar energy, agriculture, sustainable development, energy efficiency

УДК 620.92

Визуализация модифицированного микробного топливного элемента

Шендо Серафим **Александрович**

shendo.serafim@gmail.com

Клышников Алексей Юрьевич

klishnicov@mail.ru

Кусачева Светлана Александровна

Kusachevasa@bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Растущий глобальный спрос на энергию, исчерпание ископаемых ресурсов и обострение экологических проблем обуславливают необходимость перехода к возобновляемым и устойчивым источникам энергии. Среди них солнечная энергия занимает одно из ведущих мест благодаря своей доступности и экологической чистоте. Однако ее основной недостаток — цикличность и нестабильность — требует решения задач аккумуляции энергии или дублирования источника. В статье обсуждаются ключевые преимущества, такие как повышение общей эффективности и надежности, а также перспективы дальнейших исследований.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, микробные топливные элементы, автономные системы энергоснабжения

В этом контексте перспективными представляются биоэлектрохимические системы [1], в частности микробные топливные элементы (МТЭЛ) [2]. МТЭЛы представляют собой устройства, которые преобразуют химическую энергию органических загрязнителей в сточных водах непосредственно в электричество с помощью каталитической активности микроорганизмов [3]. Таким образом, МТЭЛ одновременно решают две задачи: производство электроэнергии и очистка воды. Однако коммерциализации МТЭЛ препятствует их относительно низкая выходная мощность и плотность энергии. Визуализация их работы — ключевой инструмент для изучения механизмов биоэлектрокатализа и оптимизации конструкции устройств.

Современные методы визуализации позволяют исследовать МТЭЛ на разных уровнях.

1. Микроскопические методы (сканирующая электронная микроскопия, конфокальная лазерная микроскопия) дают возможность наблюдать пространственную организацию биопленок на электродах, оценивать их плотность и морфологию.

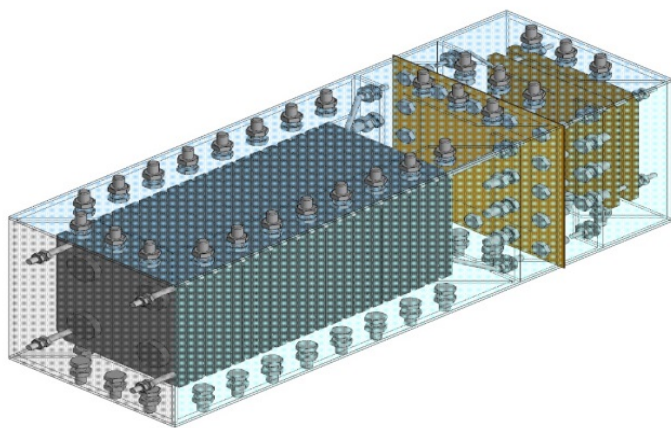
2. Электрохимические методы визуализации (распределение потенциалов, локальная электрохимическая спектроскопия) позволяют картографировать электроактивные зоны на поверхности электродов и выявлять участки с максимальной плотностью тока.

3. Молекулярно-биологические методы (флуоресцентная гибридизация *in situ*, метагеномный анализ) визуализируют таксономическое разнообразие микробных сообществ и их пространственное распределение в МТЭЛ.

4. Вычислительная визуализация (3D-моделирование гидродинамики, транспорта субстратов и электронов) помогает прогнозировать эффективность работы МТЭЛ и оптимизировать геометрию реакторов.

Перспективным направлением является интеграция мультимодальных методов визуализации, позволяющая получать комплексные данные о структуре, функции и динамике микробных электрохимических систем. Это открывает новые возможности для повышения мощности МТЭЛ и расширения сферы их практического применения — от очистки сточных вод до энергообеспечения автономных устройств.

Преимущество МТЭЛ — способность генерировать энергию 24/7 при постоянной подаче субстрата, что делает его идеальным базовым источником питания, хотя и с низкой мощностью [4].



Визуализация модуля МТЭЛ

В анодной камере располагаются 20 стальных пластин площадью 100 см^2 каждая. В качестве анодных пластин была выбрана сталь СТ08. Пластины соединены между собой металлической шпилькой с резьбой М3. Между пластинами для фиксации выступают гайки М3. На металлической шпильке гайками закреплена медная проволока диаметром 0,5 мм в качестве электрического вывода анода. Анодная камера заполнена активным илом, собранным на Калужском водоканале.

На 20 пластин размещены 80 постоянных магнитов. По 4 магнита на каждую пластину, в каждый угол пластины. Магниты выполнены в виде цилиндров диаметром 15 мм и толщиной 3 мм каждый и состоят из феррита. Все магниты расположенные на стальных пластинах ориентированы полярностью в одном направлении сквозь все пластины.

В катодной камере располагаются 2 бронзовые пластины в качестве катодов. Пластины имеют площадь 100 см^2 каждая и выполнены из бронзы

БрБ2т. Анодная камера заполнена воздухом, а пластины соединены металлической шпилькой с резьбой М3. Каждая пластина закреплена на шпильке двумя гайками М3. На шпильке закреплена медная проволока диаметром 0,5 мм в качестве электрического вывода (см. рисунок).

В рамках проведенной работы были реализованы следующие конструктивные и технологические решения.

Оптимизация конструкции МТЭЛ. На основе анализа современных научных данных была разработана геометрия и конфигурация элемента, направленная на максимизацию соотношения площади электродов к объему реактора и минимизацию внутреннего сопротивления.

Обеспечение визуального контроля. Корпус МТЭЛ изготовлен из прозрачных полимерных материалов, что позволяет проводить прямой визуальный мониторинг формирования биопленки на электродах и наблюдать динамику процессов внутри реактора в реальном времени.

Разработка и выбор материалов электродов. Анод: для анода был применен ферритмагнитный материал на основе железа, обладающий развитой удельной поверхностью, что способствует интенсивной адгезии электрогенных микроорганизмов и повышению их метаболической активности. Катод: использован каталитический катод, обеспечивающий высокую скорость реакции восстановления конечного акцептора электронов (кислорода).

Результат оптимизации. Совокупность принятых решений и дополнение системы солнечной панелью позволили создать экспериментальную установку, способную достигать рекордных значений выходной плотности тока в стандартизированных условиях испытаний.

Список источников

- [1] Варваров В.В., Ильина Н.М. *Биологическая очистка сточных вод. Экология и безопасность жизнедеятельности*. Москва, Наука, 2013, 117 с.
- [2] Кусачева С.А., Черняев С.И., Сащенко И.И., Гришаква В.В., Жукова Ю.М., Морозенко Д.Н. Обоснование выбора конструкций и материалов системы биогенерации энергии. *Современные наукоемкие технологии*, 2016, № 6-1, с. 51–54.
- [3] Алферов С.В., Кузнецова Т.А. *Микробные топливные элементы*. Тула, Изд-во ТулГУ, 2019, 100 с.
- [4] Santoro C. Microbial fuel cells: From fundamentals to applications. A review. *Journal of Power Sources*, 2017, vol. 356, pp. 225–244. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2017.03.109>

Visualization of a modified microbial fuel cell

Shendo Serafim Aleksandrovich

shendo.serafim@gmail.com

Klyshnikov Alexey Yuryevich

klishnicov@mail.ru

Kusacheva Svetlana Alexandrovna

Kusachevasa@bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

Growing global energy demand, depletion of fossil resources, and worsening environmental problems necessitate a transition to renewable and sustainable energy sources. Solar energy is a leading option due to its affordability and environmental friendliness. However, its main drawback — its cyclical nature and instability — requires solutions for energy storage or power source backup. The article discusses key advantages, such as increased overall efficiency and reliability, as well as prospects for further research.

Keywords: *renewable energy sources, microbial fuel cells, autonomous power supply systems*

УДК 620.92

Разработка гибридной энергетической системы на основе микробного топливного элемента и солнечных батарей

Шендо Серафим **Александрович**

shendo.serafim@gmail.com

Клышников Алексей Юрьевич

klishnicov@mail.ru

Кусачева Светлана Александровна

Kusachevasa@bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Показано, что их синергетическая интеграция микробных топливных элементов и солнечных панелей позволяет создать автономную, устойчивую и эффективную систему для круглосуточного энергоснабжения, особенно в удаленных или экологически чувствительных районах. Предложена структурная схема гибридной системы, включающая блок управления для оптимизации энергопотоков. Объединение микробных топливных элементов и солнечных батарей в единую гибридную систему позволяет нивелировать недостатки каждого из компонентов и создать надежный источник непрерывного энергоснабжения. Обоснована концепция такой гибридной системы, описан принцип ее работы и оценены ее потенциальные преимущества.

Ключевые слова: агропромышленный комплекс, возобновляемые источники энергии, гибридные энергосистемы, автономные системы энергоснабжения

Солнечные батареи преобразуют энергию солнечного излучения в электричество посредством фотоэлектрического эффекта в полупроводниковых материалах (например, кремний). Их основное преимущество — высокая пиковая мощность в дневное время. Главный недостаток — полная зависимость от инсоляции: генерация прекращается ночью и резко падает в пасмурную погоду [1].

Цель гибридизации — создать систему, в которой солнечные батареи и МТЭ дополняют друг друга [2].

Структурная схема гибридной системы.

Блок генерации: массив солнечных батарей: основной источник энергии в дневное время. Батарея МТЭ: базовый источник энергии, работающий непрерывно.

Блок управления энергией (БУЭ): является «мозгом» системы. БУЭ выполняет следующие функции:

- приоритезация нагрузки: направляет энергию от солнечных батарей непосредственно на нагрузку в светлое время суток;
- зарядка аккумуляторной батареи (АКБ): избыточная энергия от солнечных панелей используется для зарядки буферной АКБ;
- коммутация источников: в ночное время или при недостаточной солнечной активности БУЭ переключает нагрузку на энергию от АКБ и/или непосредственно от МТЭ;

– оптимизация работы МТЭ: в периоды избытка солнечной энергии часть ее может направляться на вспомогательные системы, повышающие эффективность МТЭ (например, аэрация катода для улучшения кинетики кислородной реакции восстановления).

Аккумуляторная батарея (АКБ): служит для сглаживания пиков производства и потребления, обеспечивает бесперебойное питание в переходные режимы.

Полезная нагрузка: низкоомные устройства, такие как датчики мониторинга окружающей среды, системы телеметрии, светодиодное освещение, маломощные устройства связи.

Такой подход позволяет обеспечить стабильное напряжение и непрерывность энергоснабжения.

Интеграция МТЭ и солнечных батарей создает значительный синергетический эффект [3].

Непрерывность энергоснабжения: солнечные батареи покрывают пиковые дневные нагрузки, а МТЭ обеспечивает базовое энергопроизводство ночью, что снижает требуемую емкость и глубину циклирования АКБ.

Повышение общей эффективности и стабильности системы [4]: МТЭ, будучи источником с низкой, но постоянной мощностью, стабилизирует выход системы. Солнечные батареи компенсируют его низкую мощность в пиковые часы.

Экологичность и устойчивость: система использует два возобновляемых источника: солнечное излучение и органические отходы. Это способствует сокращению углеродного следа и утилизации отходов.

Экономия на инфраструктуре: в удаленных районах стоимость прокладки традиционных электросетей крайне высока. Данная гибридная система предлагает автономное решение.

Несмотря на перспективность, разработка таких систем сталкивается с рядом проблем:

– низкая мощность МТЭ: основная проблема — повышение плотности тока и снижение внутреннего сопротивления МТЭ;

– стоимость материалов: высокая стоимость протонообменных мембран и катализаторов катода сдерживает массовое внедрение МТЭ;

– оптимизация управления: требуется разработка сложных алгоритмов для БУЭ, способных динамически перераспределять энергопотоки с максимальной эффективностью.

Перспективные направления будущих исследований включают:

– разработку новых, более эффективных и дешевых материалов для электродов и мембран МТЭ;

– создание и испытание опытных образцов гибридных систем в реальных условиях (например, для питания станций мониторинга качества воды);

– исследование возможности использования избыточной солнечной энергии для электролиза воды и производства кислорода непосредственно на катоде МТЭ, что может значительно увеличить его выходную мощность.

Разработанная концепция гибридной энергетической системы, объединяющей микробный топливный элемент и солнечные батареи, представляет

собой инновационный подход к созданию автономных и устойчивых источников энергии [5]. Доказано, что такая система способна преодолеть фундаментальные ограничения каждого из технологий в отдельности — цикличность солнечной генерации и низкую мощность МТЭ. Реализация данной концепции открывает новые возможности для энергоснабжения удаленных объектов, станций экологического мониторинга и малых населенных пунктов, внося вклад в развитие циркулярной экономики и решение задач устойчивого развития. Дальнейшие исследования должны быть сконцентрированы на повышении эффективности МТЭ и создании интеллектуальных систем управления для максимизации синергетического эффекта.

Список источников

- [1] Лукутин Б.В., Муравлев И.О., Плотников И.А. *Системы электроснабжения с ветровыми и солнечными электростанциями*. Томск, ТПУ, 2015, 128 с.
- [2] Королева Д.А., Шайдаков В.В., Целищев В.А. *Солнечная энергетика*. Вологда, Инфра-Инженерия, 2023, 140 с.
- [3] Стребков Д.С., Тверьянович Э.В. *Солнечные электростанции: концентраторы солнечного излучения*. Москва, Юрайт, 2021, 265 с.
- [4] Смоляков А.С., Горбенко А.В. Зарубежный и отечественный опыт повышения энергоэффективности на базе гибридных энергетических установок в изолированных территориях. *Научное обозрение. Экономические науки*, 2024, № 1, с. 22–26. <https://doi.org/10.17513/sres.1138>
- [5] Васильковский А.Р. Гибридная электростанция для экономически выгодного электроснабжения собственных нужд подстанций. *Энергетические системы*, 2020, т. 5, № 1, с. 237–241.

Development of a hybrid energy system based on a microbial fuel cell and solar panels

Shendo Serafim Aleksandrovich

shendo.serafim@gmail.com

Klyshnikov Alexey Yuryevich

klshnicov@mail.ru

Kusacheva Svetlana Alexandrovna

Kusachevasa@bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

Synergistic integration of microbial fuel cells and solar panels is shown to enable the creation of an autonomous, sustainable and efficient system for 24/7 energy supply, especially in remote or environmentally sensitive areas. A structural diagram of a hybrid system is proposed, including a control unit for optimizing energy flows. The combination of microbial fuel cells and solar panels into a single hybrid system this allows for the mitigation of the shortcomings of each component and the creation of a reliable, continuous power supply. This paper aims to substantiate the concept of such a hybrid system, describe its operating principle, and evaluate its potential advantages.

Keywords: *agro-industrial complex, renewable energy sources, hybrid energy systems, autonomous power supply systems*

УДК 620.92

Разработка демонстрационно - испытательного стенда для изучения процессов в водородной ионной энергетической ячейке

Бархатов Степан Дмитриевич

stepanobarkhatov@gmail.com

Кусачева Светлана Александровна

kusachevasa@bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Работа посвящена созданию стенда для проведения исследований и испытаний в области разработки водородной ионной энергетической ячейки (ВИЭЯ). Целью работы является разработка и изготовления простого и надежного стенда для проведения испытаний, главными параметрами в котором должна быть взрывоустойчивость, химическая стойкость, малая диффузия водорода через стенки корпуса. Данная работа представлена на XX Всероссийской молодежной научно-инженерной выставке «Политехника», посвященной 85-летию со дня рождения академика И.Б. Федорова, в рамках конгресса «Русский инженер».

Ключевые слова: стенд для работы с водородом, герметичная камера, изучения процессов в водородной ионной энергетической ячейке

Работа ВИЭЯ основана на двух принципах [1]:

– электролизе раствора гидроксид калия КОН (5 %), так называемый процесс зарядки, при котором образуется Н (водород) и О (кислород), в отдельных камерах-анодной и катодной (Н в катодной и О в анодной). Электролиз-процесс разложения электролита на анионы и катионы под воздействием электрического тока (рис. 1);

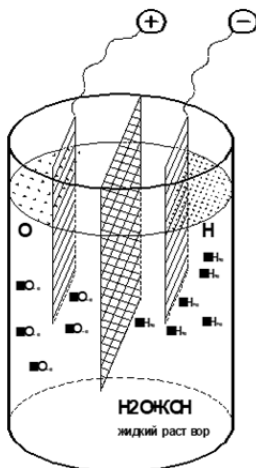


Рис. 1. Схематичное представление процесса электролиза

– реакции каталитического окисления ионов водорода кислородом на платине. При подключении потребителя водород отдает электрон на катод, проходит через протонообменную мембрану, и соединяется с кислородом на поверхности платины, образуя воду. Таким образом, реализован процесс разряда ячейки (рис. 2).

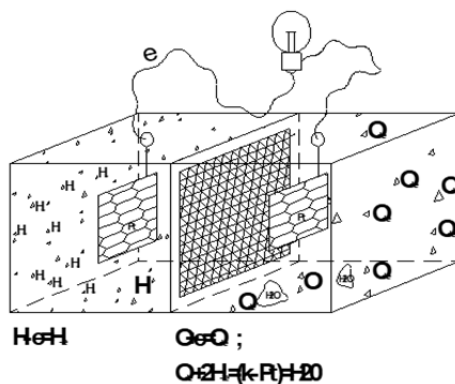


Рис. 2. Схематичное представление процесса окисления водорода кислородом на платине **надписи наезжают друг на друга**

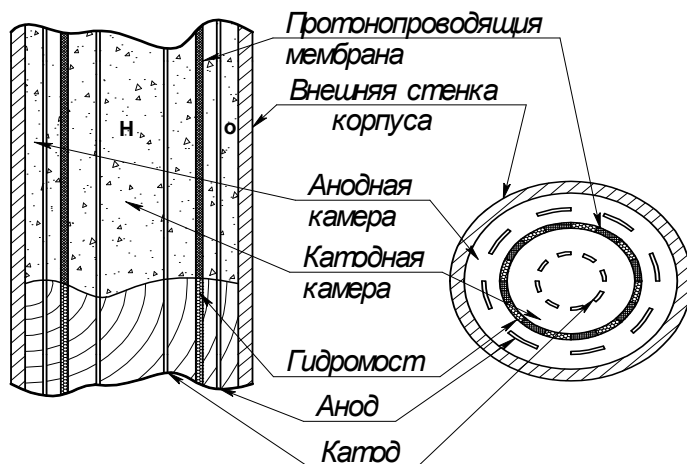


Рис. 3. Схема ВИЭЯ

Конструктивные особенности ВИЭЯ (рис. 3):

– корпус должен быть выполнен из крепкого материала [2], обладать взрывоустойчивостью, и изготовлен из органического вещества (водород легко диффундирует через металлы, материал должен в себе содержать

большое количество водорода, органические соединения как раз включают в себя большое количество водорода);

- мембрана представлена протонселективной мембраной [3] (протонно-обменной мембраной);

- гидромост должен обеспечивать жидкостное соединения анодной и катодной камеры (без этого не происходит электролиз), но при этом не пропускать атомы водорода (чтобы не образовывался газ Брауна). Может быть выполнен как гидрозатвор или из гидроабсорбирующих веществ;

- электроды выполнены из титана, покрытого платиной (гальванически или методом осаждения);

- электролит. Так как дистиллированная вода плохо проводит ток, к ней добавляется гидроксид калия (KOH) до 5%-ного раствора, который вследствие электролиза распадается на калий (K) и воду (H_2O), калий сразу реагирует с водой и образует гидроксид калия, таким образом, гидроксид калия не расходуется и улучшая проводимость электролита;

- анодная и катодная камеры должны иметь отношение объемов 2:1 ($V_{\text{катод}}/V_{\text{анод}} = 2$) из-за отношения количества газа выделяемого при электролизе (водорода в два раза больше, чем кислорода). При этом давление в ячейках должно быть равное.

Испытательный стенд и 3D-модель стенда представлены на рис. 4 и 5.

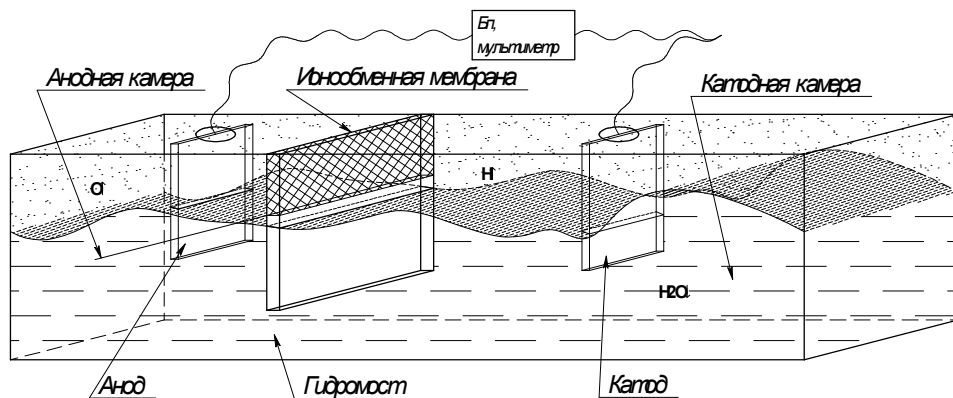


Рис. 4. Схема испытательного стенда

Конструктивные особенности стенда. Соединение стенок выполнено методом шип-паз, что приводит к увеличению площади контакта поверхности и герметика и увеличению прочностных характеристик (конструкция лучше выдерживает внутренние давление):

- горизонтальные винты позволяют после застывания герметика, стянуть конструкцию еще сильнее, что ведет к уплотнению герметика, и, как следствие, к увеличению герметичности;

- вертикальные винты стягивают крышку и прокладку к корпусу, что дает быстрый доступ к внутренней части стенда и позволяет не терять герметичность при повторном снятии/установке крышки;
- крепежные пластины, установленные между анодной и катодной камерами, позволяют быстро менять гидромост и протонообменную мембрану;
- штуцера, установленные по 2 экземпляра в анодной и катодной камерах, позволяют ставить по 2 группы электродов и/или исследовать характеристики газа внутри камер.

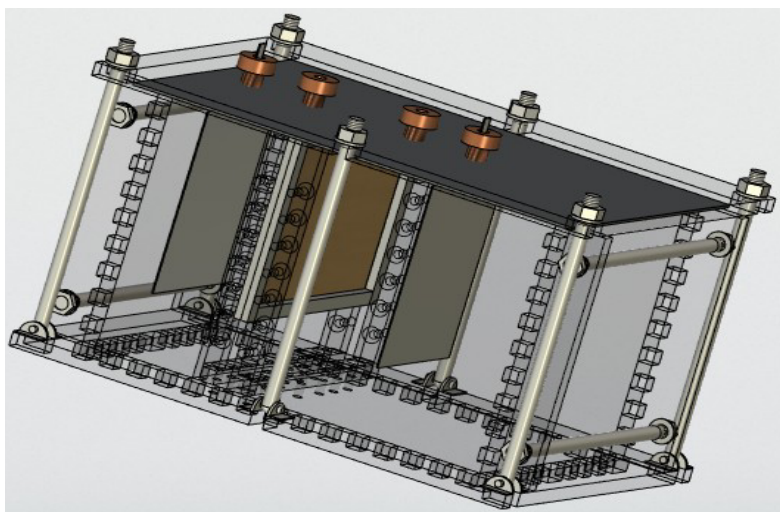


Рис. 5. 3D-модель стенда

Работа на стенде. В будущем планируются такие эксперименты, как:

- испытания различных гидромостов: агар-агара, желатина, гидрогеля, гидроабсорбирующие вещества, микроструктуры удерживающие воду;
- исследования различных веществ в качестве материалов корпуса: поликарбонат, пэт-пластик, акрил, оргстекло, различные полимеры;
- исследования эффективности различных форм электродов и корпуса ячейки;
- выведение общей формулы работы ячейки и математической модели ее конструкции.

Таким образом, была разработана и апробирована конструкция стенда для проведения исследований и испытаний в области разработки водородной ионной энергетической ячейки, которая может иметь впоследствии широкое применение в качестве источника энергии в гибридных энергетических системах, применяемых в различных отраслях, в том числе транспортных средствах [4].

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- [1] Прохоров И.Ю., Акимов Г.Я. От топливных ячеек к водородным элементам: твердые электролиты и нанозлектроды. *Научная работа*, 2009, № 3, с. 74–80.
- [2] Добровольский Ю.А., Укше А.Е., Левченко А.В. Материалы для биполярных пластин топливных элементов на основе протонпроводящих мембран. *Российский химический журнал. Проблемы водородной энергетики*, 2006, т. 50, № 6, с. 83–94.
- [3] Нечитайлов А.А., Глебова Н.В., Кошкина Д.В. Особенности функционирования мембранно-электродного блока в составе воздушно-водородного топливного элемента. *Письма в ЖТФ*, 2013, т. 39, № 17, с. 17–26.
- [4] Козлов А.В., Порсин А.В., Добровольский Ю.А. и др. Оценка жизненного цикла силовых установок на аккумуляторной батарее, водородных топливных элементах, двигателе внутреннего сгорания для городских автобусов в условиях московского региона. *Журнал прикладной химии*, 2021, т. 94, вып. 6, с. 784–804.
<https://doi.org/10.31857/S004446182106013X>

Development of a demonstration and test bench for studying processes in a hydrogen ion energy cell**Barkhatov Stepan Dmitrievich****stepanobarkhatov@gmail.com****Kusacheva Svetlana Aleksandrovna kusachevasa@bmstu.ru***Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia*

This work is devoted to the creation of a rig for conducting research and testing in the field of hydrogen ion energy cell (hereinafter referred to as HIEC). The aim of the work is to develop and manufacture a simple and reliable rig for testing, the main parameters of which should be explosion resistance, chemical resistance, and low hydrogen diffusion through the vessel walls. This work was presented at the 20th All-Russian Youth Scientific and Engineering Exhibition “Polytechnic”, dedicated to the 85th anniversary of the birth of Academician I.B. Fedorov, as part of the “Russian Engineer” congress.

Keywords: *a hydrogen rig, a sealed chamber, for studying processes in a hydrogen ion energy cell*

***Секция 18. Лингвистика,
лингводидактика,
актуальные вопросы
теории и практики перевода***

УДК 81

Юридическая терминология, используемая в документах, касающихся расследований международных киберпреступлений: анализ способов перевода на английский язык

Геворгян Элен Артаковна

gevorgyaneaa1@student.bmstu.ru

Крыленкина Антонина Вячеславовна

krilenkina@bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Проведен комплексный анализ стратегий перевода лексики различной семантической нагрузки, извлеченной из статей Уголовного Кодекса Российской Федерации, регламентирующих сферу киберпреступности. Особое внимание уделено терминологическому аппарату, использование которого является критически важным для эффективного взаимодействия с правоохранительными органами на международной арене. Актуальность работы обусловлена ростом транснациональной киберпреступности и, как следствие, необходимостью четкой и однозначной правовой коммуникации между юрисдикциями.

Ключевые слова: *уголовный кодекс, английский язык, юридическая терминология, переводческие трансформации*

С формированием глобальной сети Интернет проблемы его безопасного использования приобретают все большую актуальность, поскольку киберпреступники, владея современными технологиями совершают неправомерные деяния на территории одного из государств, попадая под его юрисдикцию, находясь при этом в границах другой страны, что затрудняет расследование подобного рода преступлений, поиск причастных лиц, их экстрадицию, проведение различного рода судебных экспертиз, передачу дела в суд, вынесение приговора и его исполнение. Специалисты, работающие в сфере компьютерной безопасности, должны не только обеспечивать безопасность компьютерных систем вверенной им организации, предотвращать совершение противоправных деяний в рамках отведенной им сферы ответственности, но и взаимодействовать с правоохранительными органами в случае, если преступление будет совершено, в том числе, если выяснится, что злоумышленник находился на территории иного государства. В случае экстрадиции данного лица возникнет необходимость участвовать в следственных действиях, вступая в общение, которое, с высокой долей вероятности, будет происходить на английском языке, поскольку данный язык является языком международного общения и более 80 процентов информации, представленной в сети Интернет именно на английском языке, что свидетельствует о его приоритетном использовании на международном уровне [1].

Тексты юридических документов отличаются обилием терминологической лексики, перевод которой подчиняется определенным правилам, призванным сохранить однозначность толкования написанного.

Переводческие трансформации, или преобразования, призваны свести к минимуму потерю эквивалентности и адекватности перевода на уровне текста. Данный термин используется такими переводоведами, как Л.С. Бархударов, В.Н. Комиссаров и трактуется по-разному.

По Л.С. Бархударову переводческие трансформации — это многочисленные качественно разнообразные преобразования, которые осуществляются для достижения переводческой эквивалентности, адекватности перевода вопреки расхождениям в формальных и семантических системах двух языков.

В.С. Комиссаров считает, что переводческие трансформации — это преобразования с помощью которых можно осуществить переход от единиц оригинала к единицам перевода в указанном смысле. Так как переводческие трансформации осуществляются с языковыми единицами, имеющими как план выражения, так и план содержания, они носят формально-семантический характер, преобразуя как форму, так и значение исходных единиц. Данное определение представляется наиболее точным [2, 3].

Согласно В.Н. Комиссарову, типичными переводческими трансформациями при переводе текстов юридического характера являются следующие:

- транслитерация — способ перевода лексической единицы оригинала путем воссоздания ее графической формы с помощью букв переводящего языка (языка, на который делается перевод);

- транскрипция — способ перевода лексической единицы оригинала с путем воссоздания ее звуковой формы с помощью букв переводящего языка;

- постоянное соответствие — наиболее постоянный способ перевода данной единицы исходного языка (языка, с которого делается перевод), относительно независимый от контекста;

- калькирование — способ перевода лексической единицы оригинала путем замены ее составных частей — морфем или слов (в случае устойчивых словосочетаний) — их лексическими соответствиями в переводящем языке [4].

Безусловно относящийся к юридическим документам Уголовный Кодекс Российской Федерации освещает вопросы, связанные с кибербезопасностью в Главе 28 «Преступления в сфере компьютерной безопасности». Данная Глава описывает деяния, влекущие за собой уголовную ответственность, а также возможные юридические последствия (виды наказания) [5, 6].

Анализ текстов Главы 28 УК РФ на русском и английском языках позволяет выделить терминологический минимум, необходимый для международного общения в ходе расследования международных киберпреступлений и установить способы перевода данной лексики. Результаты анализа способов перевода юридической терминологии различных семантических полей вышеуказанной главы представлены в табл. 1 и 2. На основе анализа в виде диаграмм оформлено процентное соотношение представленных трансформаций (рис. 1 и 2).

Таблица 1

**Анализ терминологии, связанной с информационными технологиями
в главе 28 Уголовного кодекса Российской Федерации**

Английский термин	Русский термин	Тип переводческой трансформации
Illegal accessing	Неправомерный доступ	Постоянное соответствие
Legally-protected	Охраняемая законом	Постоянное соответствие
Computer information	Компьютерная информация	Транслитерация
Computer systems	Компьютерные системы	Транслитерация
Destruction	Уничтожение	Постоянное соответствие
Blocking	Блокирование	Калькирование
Modification	Модификация	Транслитерация
Copying	Копирование	Калькирование
Computer networks	Компьютерные сети	Транслитерация и калькирование
Personal data	Персональные данные	Транслитерация и калькирование
Processing	Обработка	Постоянное соответствие
Holding	Хранение	Постоянное соответствие
Transferring	Передача	Постоянное соответствие
Disclosing	Предоставление доступа	Постоянное соответствие
Creation	Создание	Постоянное соответствие
Use	Использование	Постоянное соответствие
Dissemination	Распространение	Постоянное соответствие
Harmful computer viruses	Вредоносные компьютерные программы	Постоянное соответствие
Unsanctioned	Несанкционированный	Транслитерация и калькирование
Programmes	Программы	Транслитерация
Operation	Эксплуатация	Постоянное соответствие
Machine-readable media	Машиночитаемые носители	Транслитерация и калькирование



Рис. 1. Процентное соотношение трансформаций в терминологии ИТ

Таблица 2

**Анализ уголовно-процессуальной терминологии в главе 28
Уголовного кодекса Российской Федерации**

Английский термин	Русский термин	Тип переводческой трансформации
Deed	Деяние	Постоянное соответствие
Involve	Влечь	Постоянное соответствие
Fine	Штраф	Постоянное соответствие
Corrective labour	Исправительные работы	Постоянное соответствие
Convicted person	Осужденный	Постоянное соответствие
Deprivation of liberty	Лишение свободы	Постоянное соответствие
Term	Срок	Постоянное соответствие
Preliminary conspiracy	Предварительный сговор	Калькирование
Organized group	Организованная группа	Транслитерация и калькирование
Official position	Служебное положение	Постоянное соответствие
Grave consequences	Тяжкие последствия	Постоянное соответствие
Disqualification to hold specified offices	Запрет занимать определенные должности	Постоянное соответствие
Disqualification to engage in special activities	Запрет заниматься определенной деятельностью	Постоянное соответствие
Compulsory works	Принудительные работы	Постоянное соответствие
Restraint of liberty	Ограничение свободы	Постоянное соответствие



Рис. 2. Процентное соотношение трансформаций в уголовно процессуальной терминологии

Проанализировав содержание таблиц и диаграмм можно сделать вывод, что терминология, связанная с уголовным процессом переводится, в подавляющем большинстве случаев (86,7 %) с использованием постоянного соответствия, в то время как терминология, связанная с информационными технологиями переводится, в значительной степени ($19 \% + 9,5 \% + 19 \% = 47,5 \%$) с использованием транслитерации и калькирования, что объясняется развитием информационных технологий и связанных с ними правоотношений в англоязычном мире, с последующей их адаптацией в России, в то время как лексика, относящаяся к уголовному процессу имеет более раннее происхождение и сложившиеся традиции употребления.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- [1] Иванов А.А. *Кибербезопасность в эпоху цифровизации: анализ угроз 2024 года*. URL: <https://trends.rbc.ru/trends/industry/600702d49a79473ad25c5b3e> (дата обращения 24.03.2025).
- [2] Кулемина К.В. Основные виды переводческих трансформаций. *Вестник АГТУ*, 2007, № 5 (40), с. 143–146.
- [3] Комиссаров В.Н. *Современное переводоведение*. Москва, Р. Валент, 2011, 408 с.
- [4] *Computer Misuse Act 1990*. URL: <https://www.legislation.gov.uk/ukpga/1990/18#commentary-key-973120fe8be98c61aa292f3d2a639319> (accessed 31.03.2025).
- [5] *Уголовный кодекс Российской Федерации от 13.06.1996 № 63-ФЗ (ред. от 28.02.2025)*. URL: <http://www.kremlin.ru/supplement/3170> (дата обращения 29.03.2025).
- [6] Талипова Л.Р. Международно-правовая регламентация киберпреступности. *Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки*, 2016, № 4, с. 121–123.

Legal terminology used in documents related to investigations of international cybercrimes: analysis of ways of translation into English

Gevorgyan Elen Artakovna

gevorgyaneaa1@student.bmstu.ru

Krylenkina Antonina Vyacheslavovna

krilenkina@bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

This article provides a comprehensive analysis of vocabulary translation strategies of various semantic loads, extracted from articles of the Criminal Code of the Russian Federation regulating the field of cybercrime. Special attention is paid to the terminology, the use of which is critically important for effective interaction with law enforcement agencies in the international arena. The relevance of the work is due to the growth of transnational cybercrime and, as a result, the need for clear and unambiguous legal communication between jurisdictions.

Keywords: *Criminal Code, English, legal terminology, translation transformations*

УДК 378.147

Аннотирование и реферирование текстов на иностранном языке в обучении письменной научной речи студентов технического вуза

Клименко Елена Васильевна

klimenkoev@bmstu.ru

Максимова Галина Александровна

max.galal@bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Описаны реферирование и аннотирование при работе над домашним чтением студентов 3-го курса по дисциплине «Иностранный язык». Описаны этапы работы с первоисточниками и определена разница между вторичными источниками информации — рефератом и аннотацией. Сделан обзор различных подходов к трактовке данных понятий в современной научной и методической литературе. Особое внимание уделено трудностям, с которыми сталкиваются студенты при составлении реферата и аннотации аутентичных статей на языке их будущей специальности. Авторы считают перефразирование и обобщение смысловых элементов текста основными операциями по составлению реферата. Сделан вывод о том, что степень готовности студентов к работе с первоисточниками напрямую зависит от уровня их языковой компетенции.

Ключевые слова: аннотирование, реферирование, ключевые фрагменты, аутентичный текст, первичный источник информации, вторичный источник информации

В процессе изучения иностранному языку студентам необходимо сформировать умения и навыки, которые будут нужны им как специалистам в их будущей профессии. Одной из важнейших составных частей информационной деятельности будущих специалистов является переработка первичных документов, несущих ту или иную необходимую информацию. Важное место в этом процессе занимает обучение реферированию и аннотированию профессионально ориентированных текстов, то есть изложению статей по специальности в более сжатом виде. В Калужском филиале МГТУ им. Н.Э. Баумана обучение письменной научной речи осуществляется, главным образом, на третьем курсе в рамках работы над профессиональным аспектом английского языка при подготовке домашнего чтения аутентичной литературы по специальности в объеме 20 тысяч печатных знаков в семестр. Опыт работы по формированию навыков письменной научной речи позволяет сказать, что написание реферата, аннотации, научного проекта и т. д. вызывает затруднение даже у тех студентов, которые обладают достаточно высоким уровнем иноязычной коммуникативной компетенции. На протяжении всего периода обучения написанию реферата и аннотации студенты 3-го курса работают над научным стилем письменной речи. Чтобы осмыслить структурно-смысловую специфику оформления текста необходимо ознакомиться с различными образцами научных текстов. Важно овладеть стратегиями чтения и переработки первоисточников, а также методами развития мысли и логико-смысловыми

связями, что, в свою очередь, будет способствовать навыкам написания вторичных и собственных продуктов.

По мнению Л.К. Мазуновой процесс овладения письменной речью на иностранном языке представляет собой комплиментарный процесс понимания — порождения, когда задействованы анализ, синтез и оценка первичного продукта (текста) и на его основе создаются вторичный и собственный продукты. Для создания таких видов письменной научной речи, как резюме, конспект, рецензия, реферат, аннотация, тезисы, эссе, статья, обзор статей, научный проект, требуется когнитивная обработка первичных продуктов, а также рефлексивные навыки и умения для создания вторичных и собственных продуктов [1]. К сожалению, студенты не всегда справляются с работой, связанной с овладением структурно-содержательной стороны сложных видов письменной речи.

При выполнении реферата и аннотации, то есть вторичных источников информации, студенты должны придерживаться следующих правил.

В реферате и аннотации не дается оценка качества перерабатываемого материала первоисточника.

Во вторичных источниках информации не должны отражаться субъективные взгляды автора первоисточника и референта.

Язык реферата и аннотации, должен быть лаконичным, точным, лишенным сложных грамматических и синтаксических структур.

Вторичные источники информации должны отражать все наиболее важные факты первичного документа (аутентичных статей по специальности для домашнего чтения).

Реферат представляет собой сжатое и обобщенное изложение содержания статьи в соответствии с полученным заданием, при этом степень сжатости и обобщенности зависит, в первую очередь, от назначения реферата. Если предполагается, что после прочтения реферата первичный источник не потребуется, то в таком реферате содержание материала должно быть передано с достаточной полнотой. Важно знать, кто будет читать данный реферат. Если реферат рассчитан на читателей, мало знакомых с темой реферата, то потребуется более полный охват содержания первоисточника, но для узкого круга специалистов реферат должен содержать только все новое и наиболее важное для них.

Студенты 3-го курса начинают работу над реферируемым материалом со знакомства с общим содержанием текста, затем переводят статью, уделяя особое внимание переводу наиболее сложных частей текста. Далее ими выделяются ключевые фрагменты — слова, словосочетания и целые предложения, входящие в логическую цепочку текста. Следующий этап состоит в составлении логического плана, в котором последовательность пунктов часто отличается от изложения исходного материала. На этом этапе помимо использования ключевых фрагментов исходного текста, студенты учатся вводить связующие элементы, отсутствующие в оригинале.

Следует помнить, что основными операциями по составлению реферата являются перефразирование и обобщение смысловых элементов текста. Сте-

пень готовности студентов к данным видам работы с текстом напрямую зависит от уровня языковой компетенции студентов.

Основные трудности, которые испытывают студенты при работе с первоисточниками, являются следствием недостаточного уровня сформированности языковой компетенции. Л.И. Зильберман выделяет проблемы языкового плана на морфологическом (видовременные и неличные формы глагола), синтаксическом (порядок слов в предложении, атрибутивные отношения) и лексическом (конверсия, многозначность, омонимы, синонимы и т. д.) уровнях [2].

Для более краткого обобщения содержания материала для домашнего чтения студенты 3-го курса учатся писать аннотации. Аннотация представляет собой предельно краткое из всех возможных изложений основного содержания первичного документа [3]. Часто аннотация пишется на основе уже написанного реферата, то есть аннотация — это выжимка тематического содержания исходного текста, написанная как бы третьим лицом, критически переосмыслившим материал [4]. Можно сказать, что аннотация пишется максимально сжатыми фразами в форме специальных языковых штампов, клише.

В научно-информационной деятельности наибольшее распространение получили описательные, справочные, рекомендательные и реферативные аннотации.

Анализ литературы по данной проблеме и опыт работы в создании информационно-образовательной основы для творческой познавательной деятельности студента и формировании у него способности к профессиональному самообразованию, свидетельствует о том, что формирование навыков письменной научной речи может быть гарантированно специально организованным процессом обучения, основой которого является определенный уровень языковой компетенции обучаемых.

Список источников

- [1] Мазунова Л.К. *Система овладения культурой иноязычного письма в языковом вузе*. Автореф. дис. ... д-р пед. наук. Москва, 2005, 52 с.
- [2] Зильберман Л.И. *Лингвистика текста и обучение чтению английской научной литературы*. Москва, Наука, 1988, 156 с.
- [3] Вейзе А.А. *Теория и практика порождения вторичного текста в курсе вузовского обучения иностранным языкам*. Дис. ... д-р пед. наук. Минск, 1993, 435 с.
- [4] Даминова С.О. *Методика обучения реферированию устного иноязычного научного сообщения: неязыковой вуз, английский язык*. Автореф. дис. ... канд. пед. наук. Москва, 2018, 25 с.

Annotation and abstracting foreign texts in teaching written scientific speech at the technical university

Klimenko Elena Vasilievna

klimenkoev@bmstu.ru

Maksimova Galina Aleksandrovna

max.galal@bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

The given article deals with annotation and abstracting original texts of home reading at the foreign language lessons. The stages of working with primary sources of information are described and the difference between secondary sources of information (abstracting and annotation) is determined. Different approaches to these concepts in modern scientific and methodological literature are reviewed. Special attention is paid to the difficulties the students face during abstracting and annotation of professional authentic texts. The authors consider paraphrasing and generalization of semantic elements to be the main methods in abstracting the text. The conclusion concerning the direct dependence of the degree of students' readiness for working with primary sources of information on the level of their language competence is made.

Keywords: *annotation, abstracting, key fragments, authentic text, primary source of information, secondary source of information*

УДК 81

Об актуальности формального и функционального подходов к языковым явлениям в работе с учебным текстом

Гаврикова Любовь Геннадьевна gavrikova.lg@bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Рассмотрен методический подход на основе формального и функционального анализа языковых явлений в учебном тексте для выявления трудностей, возникающих у студентов младших курсов при понимании текстовой информации и порождении нового высказывания для коммуникации. Актуальность представленной работы связана с необходимостью развития собственных универсальных компетенций у обучающихся. Это позволяет преподавателю применять прием рефлексии своей деятельности при составлении плана работы, а студентам помогает анализировать индивидуальные способы переработки учебного материала.

Ключевые слова: коммуникативная компетенция, форма, функция, синтаксис зависимостей, смысл

В практической деятельности преподаватель иностранных языков, работающий в высшем учебном заведении технического направления подготовки профессиональных кадров, сталкивается с разного рода методическими текущими проблемами при проведении занятий при работе с учебным текстом со студентами первого и второго курсов обучения. Своевременное обнаружение положений дел, требующих решения, может помочь в составлении плана работы для обучающихся, которые отличаются друг от друга языковыми компетенциями, приобретенными на предыдущем уровне образования [1]. Важно отметить, что каким бы ни был уровень актуальных знаний, умений студентов, работа преподавателя строится с учетом как этого уровня, так и в соответствии с рабочей программой, которая является единой для всех студентов. Эта программа предусматривает, что обучающиеся достигают в процессе ее усвоения собственных универсальных компетенций, включающих знания структуры высказывания на иностранном языке, умение вести деловое общение, владение коммуникативной и интерактивной схемами формального общения.

Для подготовки специалистов-профессионалов преподавателю важно владеть лингводидактическими приемами, которые объединяют научные знания из дидактики и лингвистических источников.

С целью развития профессиональных компетенций для будущей профессиональной деятельности в данной работе анализируется необходимость применения двух подходов к языковым явлениям: формального и функционального при работе с учебным текстом. Под термином учебный текст в рамках данного исследования принимается языковой материал, в котором содержится информация для активизации, закрепления содержания изучаемых

языковых явлений с целью накопления опыта общения на иностранном языке. Интерес к данному теоретическому материалу связан с необходимостью определить степень владения современными обучающимися умением работать с текстом для дальнейшего применения содержания текста для целей коммуникативных и интерактивных: для передачи информации реальному или мыслимому адресату и взаимодействие с партнерами по профессиональной деятельности.

Формальный подход к декодированию языковых явлений предполагает переход от составляющих предложение форм к выполняемым ими функциям. Второй применяемый здесь подход связан с тем, как происходит переход от целей коммуникации к языковому воплощению. Автор данной исследовательской работы видит необходимость в учете этих двух подходов в методической практической деятельности. Обоснованием такой позиции служит вопрос важности того, как обучающиеся работают с содержанием учебного текста, а также каким образом происходит порождение вторичного текста на основе первичного (учебного). Это представляется важным аспектом деятельности, поскольку хорошо усвоенный материал позволяет в профессиональной деятельности строить иноязычные высказывания без посредников, таких как переводчики или словари. Владение языковым материалом на уровне автоматической перестройки мысли на смысл высказывания при общении на иностранном языке, а не на его структуру, является важным показателем того, что владение языком будет необходимым инструментом для достижения профессиональных целей [2].

Перейдем к вопросу того, как происходит понимание функций того или иного языкового материала. Процесс понимания предполагает переход на глубинный уровень, уровень мышления, сознания. Это уровень глубинных семантико-синтаксических структур, на основе которых происходит построение будущих предложений в языке, а строительным материалом служат языковые формы [3]. Это позволяет говорить о том, что понимание текста и порождение речевых произведений представляют собой взаимосвязанные явления, которые требуются в учебной практике.

Далее будет представлен анализ опроса студентов по вопросу того, как они индивидуально работают с учебным иноязычным текстом. Этот материал представляется важным для понимания трудностей, которые студенты имеют при работе, например с подготовкой пересказа текста или подготовки материала для диалогической беседы по представленной теме занятия.

Методика выявления трудностей понимания текста состояла из задач, которые проработаны были с помощью представленных далее шагов.

Во-первых, был проведен опрос о том, с помощью каких средств студенты работают над пониманием содержания исходного иноязычного текста: онлайн-переводчик применяется для перевода целого текста сразу, по отдельным незнакомым словам. Возможные варианты ответа варьировались в диапазоне от 1 до 3, где ответ 1 — никогда, 2 — иногда, 3 — всегда. К каждому пункту опроса было задание: объяснить причину выбора того или иного

варианта ответа. Задачей этого методического шага было определить, к каким переводческим средствам обращаются обучающиеся и почему.

Во-вторых, студентам было предложено написать план, который они обычно применяют для подготовки пересказа иноязычного учебного текста. Рефлексия индивидуальной работы является важным этапом переработки механизма своей деятельности. Задача этого шага состояла в том, чтобы понять, как порождается высказывание, применяется ли формальный или функциональный подход к работе с языковым материалом: идет ли студент к созданию нового текста / высказывания от поиска незнакомых слов к детальному пониманию, или работа идет от понимания основных мыслей автора к поиску незнакомых слов, которые мешают пониманию некоторых сегментов содержания, с целью построения детального пересказа с перефразированием [4, 5].

Третий шаг состоял в проработке того, каким образом методика применения вопросов позволяет установить функции языковых форм в предложениях, тем самым найти смысл в содержании информации и перефразировать возможные лексические и синтаксические формы [6].

Четвертым шагом была проверка того, как обучающиеся на основе системы вопросов для поиска функций языковых единиц справятся с составлением письменного пересказа исходного текста с применением перефразирования через трансформации форм сказуемых, применение синонимов, объединение содержания нескольких предложений в одно целое, превращение сложного предложения в несколько простых.

Проведение вышеизложенной работы позволило прийти к следующим результатам. Большинство респондентов при работе с новым иноязычным текстом редко прибегают к помощи электронного переводчика для поиска полного перевода текста на русский язык, чаще ищут отдельные новые слова или словосочетания, что отражено в их примерных планах переработки информации в новом тексте. Методика поиска функций языковых единиц, проведенная совместно с преподавателем, показала активную речемыслительную творческую деятельность обучающихся при составлении индивидуальных пересказов. Необходимость проработки функций языковых единиц является важным приемом в помощи понимания иноязычного текста, поскольку такой способ освоен в родном языке, а переводчик-помощник может не оказаться рядом в требуемый момент, поэтому надо развивать умение работать с содержанием, применяя элементы обоих подходов к анализу языковых явлений, о которых идет речь в данном исследовании.

В качестве обсуждения результатов данного исследования целесообразно на большем числе участников эксперимента проверить результаты примененного здесь опроса и добавить в дальнейшей методической работе анализ языковых особенностей при составлении студентами речевых произведений.

В заключительной части стоит сказать, что для развития коммуникативных и интерактивных языковых компетентностей важно прорабатывать соответствующие выбранной цели упражнения для развития мыслительного механизма речи, соединяя накопленный в лингвистической науке теоретиче-

ский материал с его развертыванием в реальной деятельности. Важно отрабатывать понимание информации с опорой на знание функций языковых форм и развивать умение развертывать свою мысль на линии времени в высказываниях.

Список источников

- [1] Пранцова Г.В., Романичева Е.С. *Современные стратегии чтения: теория и практика. Смысловое чтение и работа с текстом*. Москва, ФОРУМ, 2015, 368 с.
- [2] Китайгородская Г.А. *Методика интенсивного обучения иностранным языкам*. Москва, Высшая школа, 1986, 103 с.
- [3] Маляров Д.В., Васильев Л.Г. *Отечественная синтаксическая семантика*. Калуга, Калужский гос. ун-т им. К.Э. Циолковского, 2023, 198 с.
- [4] Теньер Л. *Основы структурного синтаксиса*. Москва, Прогресс, 1988, 656 с.
- [5] Сусов И.П. *Введение в языкознание*. Москва, АСТ: Восток — Запад, 2008, 379 с.
- [6] Шафикова И.Р. *Английский язык в эпоху цифровых технологий. Ч. 3*. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2023.

On the relevance of formal and functional approaches to linguistic phenomena in working with educational texts

Gavrikova Liubov Gennad'yevna gavrikova.lg@bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

This article examines a methodological approach based on formal and functional analysis of linguistic phenomena in academic texts to identify difficulties encountered by junior students in understanding textual information and generating new utterances for communication. The relevance of this work stems from the need to develop students' own universal competencies. This allows teachers to apply self-reflection when developing their work plans, and helps students analyze their individual methods for processing educational material.

Keywords: *communicative competence, form, function, dependency syntax, meaning*

УДК 372.881.111.1+004.89

Особенности формирования иноязычной профессионально-ориентированной грамматической компетенции с использованием мобильного приложения DeepSeek

Артеменко Ольга Александровна

artemenko.aa@bmstu.ru

Биленко Алла Федоровна

allaf.bilenko@bmstu.ru

Калугина Лилия Вадимовна

kaluginav@bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Рассмотрены особенности формирования профессионально-ориентированной грамматической компетенции английского языка. Предложена модель использования мобильного приложения DeepSeek для автоматизированного создания и подбора учебных материалов, обеспечивающих интервальное предъявление целевых грамматических структур в профессионально-ориентированном контексте. Сделаны выводы, что предложенный подход можно применять для повышения точности, беглости и естественности профессиональной коммуникации на английском языке.

Ключевые слова: контекстуально-лексический подход, грамматическая компетенция, технический вуз, интервальное повторение, генеративный искусственный интеллект, мобильное приложение DeepSeek, профессионально-ориентированное обучение, грамматическое кодирование

Современные требования к выпускникам технических вузов включают способность осуществлять профессиональную коммуникацию на иностранном языке, что подразумевает не только владение терминологией по специальности, но и грамматическими конструкциями, характерными для научно-технического стиля речи.

Традиционный подход к обучению грамматике, основанный на заучивании правил и их механическом применении в изолированных упражнениях, часто оказывается малоэффективным для переноса навыков в реальную коммуникацию. Так, по мнению В.К. Колобаева и Е.М. Жаворонковой, «для того чтобы сформировать навыки симультанного (одномоментного) распознавания нового явления ..., следует использовать систему заданий и упражнений, при выполнении которых имеет место напряженная аналитическая деятельность» [1]. Также в [2] указано, что «порождение речи требует быстрой активации и интеграции слов и структур для построения грамматически правильных высказываний с контекстуально уместным лексическим содержанием»

На современном этапе генеративные модели искусственного интеллекта интегрируются в образовательный процесс, выступая в качестве вспомогательного инструмента при сохранении классических педагогических технологий. Данный подход направлен на разработку альтернативных моделей обучения и повышение эффективности труда преподавателя за счет автома-

тизации рутинных операций по подготовке методических материалов с заданными характеристиками.

Генеративный искусственный интеллект, в частности мобильное приложение DeepSeek, представляет собой мощный инструмент для реализации более эффективной методики формирования иноязычной профессионально-ориентированной грамматической компетенции. Его возможности могут быть задействованы как на аудиторных занятиях, так и в качестве инструмента для активизации самостоятельной работы студентов, которым выдаются индивидуальные задания. В приложении DeepSeek задаются параметры для создания текстовых фрагментов, диалогов или отдельных предложений, содержащих специально отобранные лексические единицы, целевые грамматические явления (например, пассивный залог для описания технологических процессов, конструкции с *it is* для формулировки определений и утверждений, условные предложения для описания гипотетических ситуаций), в соответствии со сферой будущей профессиональной деятельности студентов. Для каждого грамматического явления определяются характерные лексические паттерны (например, для страдательного залога — глаголы, часто используемые в технических текстах: *be designed, be implemented, be tested, be located*). Ведь по мнению S. Hunston, G. Francis, E. Manning именно такое сочетание лексики и грамматики лежит в основе четырех основных показателей успешного усвоения иностранного языка: «понимание, точность, беглость и гибкость» [3].

Пример: «Сгенерируй 7 предложений на английском языке для направления подготовки 15.03.01 «Машиностроение», использующих пассивный залог и следующие слова: *engine, design, test, manufacture, efficiency*. Предложения должны описывать этапы разработки нового двигателя».

Ответ DeepSeek:

The initial engine design is created using advanced 3D modeling software.

...

Пример: «Выбери из текста все инфинитивы на английском языке и определи их функции в предложении».

“It’s impossible to do that in hardware—ultimately, to build hardware, you need tools and machines, and the makers of those tools and machines are typically unwilling to share their blueprints. This limits the ability to independently replicate hardware “from source”.

Ответ DeepSeek:

...

1. *to do*

· Форма: *to do*

· Предложение: “It’s impossible to do that in hardware...”

· Функция: Подлежащее. Это самый распространенный случай, когда инфинитив стоит после безличной конструкции *It is* + прилагательное. Фраза *to do that in hardware* является смысловым подлежащим, а *it* — формальное подлежащее.

...
Приложение DeepSeek может генерировать пары или группы предложений, иллюстрирующие различия в значении, передаваемые разными грамматическими формами.

Пример: «Сгенерируй пары предложений с глаголами *try to do* и *try doing* и объясни разницу в значении на русском языке. Контекст — программирование».

Ответ DeepSeek:

1. *The developer tried to fix the bug before the release. (Разработчик пытался исправить баг (неизвестно, получилось ли)).*

2. *The developer tried fixing the bug by restarting the server. (Разработчик попробовал исправить баг (используя конкретный метод)).*

DeepSeek используется в качестве платформы для организации интервального повторения, генерируя методические материалы для многократного предъявления грамматического материала. В работе [4] экспериментально доказано, что «обучающимся необходима повторная [языковая] практика ... через определенные промежутки времени, особенно, если цель — долгосрочное запоминание, может быть полезно повторять информацию по истечении периода времени, составляющего не менее нескольких недель». К таким же выводам пришли авторы работы [5], по их мнению, «как короткие, так и длинные интервалы [между изучением грамматического материала] приносят пользу, однако длинные интервалы в большей степени способствуют прочному усвоению знаний».

Апробированная методика включает несколько этапов.

Первое предъявление: аудиторная работа с текстом (чтение, обсуждение).

Повторение 1 (через 20–30 минут): упражнение на заполнение пропусков (cloze test), создаваемые в приложении DeepSeek.

Повторение 2 (через 1 день, самостоятельно внеаудиторно): задание изложить ключевые идеи текста, используя изученные конструкции. DeepSeek выступает в качестве виртуального собеседника.

Повторение 3 (через 2–3 недели): написание мини-эссе на схожую тему с обязательным использованием активизируемых паттернов. DeepSeek используется в качестве первого рецензента, проверяющего корректность речевых произведений студентов.

Повторение 4 (через 2–3 месяца): включение лексико-грамматических единиц в материалы для подготовки к деловой игре или презентации.

Приложение DeepSeek может быть использовано студентами для проверки собственных речевых произведений. Оно предоставляет обратную связь по формальной корректности английских грамматических конструкций. Предлагается интегрировать мобильное приложение DeepSeek с целью реализации «метода обучения грамматике английского языка на основе осмысления грамматических явлений, понимания их сути в определенном контексте, учитывая потребности и интересы говорящего» [6].

Пример: исправь предложение и объясни ошибку:

The data *has been send* yesterday before I came.

Ответ DeepSeek:

...

Исправленный вариант:

The data was sent yesterday before I came.

Объяснение ошибок:

В исходном предложении есть две грамматические ошибки.

1. Ошибка во времени глагола "to be" (has been → was)

· Почему ошибка? Фраза "yesterday before I came" четко указывает на завершенное действие в прошлом. В таких случаях используется Past Simple, а не Present Perfect.

Оценка эффективности предложенной методики осуществлялась через анализ спонтанной устной и письменной речи студентов на предмет точности, беглости и уместности использования целевых грамматических конструкций. Можно заключить, что использование мобильного приложения DeepSeek для контекстуализации и обеспечения интервального предъявления грамматических явлений через лексические паттерны способствует формированию устойчивых имплицитных знаний и механизмов бессознательного контроля. Это является залогом успешного формирования иноязычной грамматической компетенции у будущих инженеров, позволяя им не только правильно оформлять свою речь, но и делать это бегло и естественно, фокусируясь на содержании профессионального общения.

Список источников

- [1] Колобаев В.К., Жаворонкова Е.М. Психологические аспекты обучения грамматике английского языка. *Символ науки*, 2016, № 12-2, с. 197–205.
- [2] Wheeldon L.R., Konopka A. *Grammatical encoding for speech production*. Cambridge University Press, 2023, 82 p.
- [3] Hunston S., Francis G., Manning E. Grammar and vocabulary: Showing the connections. *ELT Journal*, 1997, vol. 51(3), pp. 208–216.
- [4] Carpenter S.K., Cepeda N.J., Rohrer D., Kang S.H.K., Pashler H. Using spacing to enhance diverse forms of learning: Review of recent research and implications for instruction. *Educational Psychology Review*, 2012, vol. 24, pp. 369–378.
- [5] Kim S.K., Webb S. The Effects of Spaced Practice on Second Language Learning: A Meta-Analysis. *Language Learning*, 2022, vol. 72(1), pp. 138–179.
- [6] Кошелева И.Н. Оптимизация обучения английской грамматике: от правил к разумному осмыслению. *Вестник Кемеровского государственного университета*, 2018, № 1, с. 201–207.

Features of developing foreign language profession-specific grammatical competence using the deepseek mobile application

Artemenko Olga Alexandrovna

artemenko.aa@bmstu.ru

Bilenko Alla Fedorovna

allaf.bilenko@bmstu.ru

Kalugina Lillia Vadimovna

allaf.bilenko@bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

The article examines peculiarities of developing profession-specific grammatical competence in English. The relevance of the research is caused by the demand to overcome difficulties in mastering grammatical phenomena typical of scientific discourse. The proposed technique utilizes the DeepSeek mobile application to facilitate the automated creation and selection of learning materials that provide spaced repetition of target grammatical structures in a profession-specific context. It has been concluded that the proposed approach can be applied to enhance the accuracy, fluency, and naturalness of professional communication in English.

Keywords: contextual-lexical approach, grammatical competence, technical university, spaced repetition, generative artificial intelligence, DeepSeek mobile application, profession-specific teaching, grammatical encoding

УДК 81

Как искусственный интеллект может стать катализатором саморазвития в эпоху цифровой лени

Горянский Иван Александрович gia23ki004@student.bmstu.ruЖуравлева Ирина Васильевна Zhuravlevairina@bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Статья посвящена анализу двойственной роли искусственного интеллекта (ИИ) как фактора, способного как катализировать личностный рост, так и способствовать интеллектуальному регрессу. Обсуждается вопрос как направить безграничный потенциал искусственного интеллекта в русло продуктивного саморазвития личности. Рассмотрено его применение в сферах: образования, изучения литературы, работы с видеоконтентом и формирования культуры взаимодействия с технологией в целом. Использование ИИ может улучшить образовательный процесс, позволяет персонализировать ваше обучение, предоставляя мгновенную обратную связь, что делает процесс обучения более привлекательным и мотивированным для обучающихся.

Ключевые слова: искусственный интеллект, саморазвитие, цифровая лень, образование, критическое мышление

Мы живем в уникальное время, на стыке двух подходов освоения и усвоения новой информации. С одной стороны — традиционный метод получения новых знаний через чтение, анализ и усидчивый труд. С другой — новый метод познания мира с использованием искусственного интеллекта, который обещает нам мгновенные ответы на любые интересующие нас вопросы. В наше время рождаются не только безграничные возможности саморазвития, но и возникают серьезные угрозы для социума. Ведь пока одни используют ИИ как мощный инструмент для развития личного интеллекта, другие добровольно делегируют ему свои когнитивные функции, стремительно двигаясь по пути интеллектуальной деградации [1].

Рассмотрим более подробно возможности ИИ в изучении литературы. Может ли ИИ уничтожить интерес к чтению? Ошибочно полагать, что ИИ снижает интерес к литературе у обучающихся. Сейчас это глобальная проблема для целого поколения уже выросших детей, однако у нее очень глубокие корни и кризис читательской культуры вовсе не исключительная «заслуга» искусственного интеллекта. В моем детстве, когда ИИ был еще очень далек и мысли о подобных технологиях казались нам настоящей фантастикой, ситуация среди моих сверстников была аналогична сегодняшней. Я сам читал книги, лишь потому что этого требовали мои родители и школа. Быть может без навязывания культуры чтения, я мог оказаться тем самым человеком, который не прочитал за свою жизнь ни одной книги. С развитием ряда технологий, таких как интернет и видеоигры, люди быстро перестроились и стали зависеть

от «быстрого дофамина». Сейчас никто не захочет читать объемную книгу, чтобы получать «медленный дофамин», когда можно узнать всю суть из пары предложений, составленных искусственным интеллектом [2].

Однако при грамотном использовании, ИИ способен возродить и даже зародить интерес к чтению, выполняя роль персонального литературного наставника, который всегда может вам помочь. Многие произведения, которые должен прочитать каждый из нас, отпугивают современных читателей своей масштабностью и сложностью. Вместо того, чтобы искать в сети краткий пересказ произведения, можно вести диалог с моделью по содержанию текста. В рамках такого диалога можно ставить перед ним конкретные задачи: выяснить, «в чем заключается проблематика произведения?», систематизировать материал, «составьте хронологию событий», или проанализировать ключевые моменты, например «объясни смысл финальной сцены». Такое взаимодействие не заменяет чтение, а подготавливает к нему и в этом нет ничего плохого. Это как карта, которую вы берете с собой отправляясь в новую страну [3].

После прочтения произведения начинается самая ценная работа — его осмысление. ИИ может стать идеальным собеседником для развития критического мышления. Сравнительный анализ творчества писателей, поиск скрытых смыслов, создание идей для сочинений — все это становится возможным при грамотном использовании технологии. Ключевой принцип: ИИ — это не плагиатор, а соавтор вашего мыслительного процесса. Он не должен думать вместо вас, он должен помогать вам думать глубже [3].

Как же работать с видео материалами, используя ИИ? Современный человек окружен видеоконтентом со всех сторон: лекции, документальные фильмы, образовательные ролики. Проблема в том, что просмотр видео зачастую превращается в напрасный труд, и информация улетучивается из памяти уже через несколько часов. ИИ меняет правила игры, превращая видео из развлечения в эффективный учебный материал [2].

Вместо того чтобы тратить несколько часов на просмотр полторачасовой лекции, можно использовать ИИ для создания ее структурированного конспекта. Такой подход позволяет за 10–15 минут усвоить основную смысловую нагрузку, а затем, при необходимости, вернуться к ключевым моментам для более детального изучения. Это экономит самый ценный ресурс — время, направляя его не на потребление, а на усвоение информации. После создания конспекта можно переходить к анализу его содержания. Эта практика трансформирует пользователя из пассивного зрителя в активного критика и исследователя. ИИ выступает в роли товарища, который берет на себя рутинную работу по систематизации информации, освобождая ваш мозг для творческой и аналитической деятельности [2].

К сожалению, описанная выше модель взаимодействия с этой технологией сегодня является скорее идеалом, чем нормой. Массовая тенденция движется в обратном направлении. Расскажем о том, как распознать симптомы так называемой «цифровой лени».

Делегирование интеллектуального труда: студенты не пишут эссе, а генерируют их; школьники не читают произведение, а получают его «суть» в трех предложениях. Исчезает самый важный компонент обучения — процесс мышления, который и формирует нейронные связи и помогаетнастоящему усвоить новый материал.

Иллюзия компетентности: потребляя краткие выжимки и готовые ответы ИИ, человек начинает чувствовать, что разбирается в вопросе, хотя на самом деле обладает лишь поверхностными знаниями.

Потеря навыка глубокого чтения: способность долго удерживать внимание на сложном тексте, погружаться в него, отслеживать развитие сюжета и мысли автора [1].

Изначально инструмент для ускорения и углубления познания превращается для многих из нас в способ его избегания. Происходит формирование «поколения поверхностных знаний» — людей, способных быстро найти ответ, но не способных к самостоятельному мышлению, анализу и созданию чего-то принципиально нового [1].

Рассмотрим принципы осознанного взаимодействия с ИИ. Чтобы технология служила человеку, а не человек технологии, необходим внутренний этикет, свод правил «гигиены интеллекта». Принцип первоисточника: ИИ — это предварительная стадия, а не замена. Сначала — ваш собственный анализ текста, просмотр видео, попытка решить задачу. Затем — обращение к ИИ для проверки, систематизации или углубления. Принцип «почему?»: никогда не принимайте выводы ИИ за правду. Всегда задавайтесь вопросом: «Почему он дал такой ответ? На чем основаны его выводы?». Требуйте от него аргументации и проверяйте это своим критическим мышлением. Принцип соавторства: используйте ИИ как товарища, который точно не согласится взять всю работу на себя. Создавайте идеи вместе, спорьте с ним, просите развивать вашу мысль или, наоборот, найти в ней слабые места [4].

Искусственный интеллект — это самое мощное интеллектуальное оружие, созданное человечеством со времен изобретения книгопечатания. Как и любой мощный инструмент, он представляет одновременно и огромный потенциал, и огромную угрозу для нас. Будущее нашего интеллекта зависит от способности человека оставаться архитектором собственного развития, грамотно использующего новые технологии.

Список источников

- [1] Brown P.C., Roediger H.L., McDaniel M.A. *Make It Stick: the science of successful learning*. Cambridge, the Belknap Press of Harvard University Press, 2014, 336 p.
- [2] Clark R.C., Mayer R.E. *E-Learning and the science of instruction: proven guidelines for consumers and designers of multimedia learning*. NJ, Wiley, 2016, 528 p.
- [3] Carr N. *The Shallows: What the Internet Is Doing to Our Brains*. New York, W.W. Norton & Company, 2020, 320 p.
- [4] Kasparov G. *Deep Thinking: where machine intelligence ends and human creativity begins*. New York, PublicAffairs, 2017, 392 p.

How artificial intelligence can become a catalyst for self-development in the era of digital laziness

Goryanskiy Ivan Aleksandrovich

gia23ki004@student.bmstu.ru

Zhuravleva Irina Vasilievna

zhuravlevairina@bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

The article is devoted to the analysis of the dual role of artificial intelligence (AI) as a factor capable of both catalyzing personal growth and contributing to intellectual regression. The issue of how to channel the limitless potential of artificial intelligence into the productive self-development of the individual is discussed. Its application in the fields of education, literature studies, work with video content and the formation of a culture of interaction with technology in general is considered. The use of AI can improve the educational process, allows you to personalize your learning by providing instant feedback, which makes the learning process more attractive and motivated for students.

Keywords: artificial intelligence, self-development, digital laziness, education, critical thinking

УДК 378.147

Искусственный интеллект как помощник в изучении технического английского: обзор литературы и практические ориентиры для больших смешанных групп

Хорпякова Юлия Владимировна khorpyakova@bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Рассмотрено использование инструментов искусственного интеллекта как помощника в изучении технического английского при занятиях раз в неделю в больших и разноуровневых группах. На основе исследований по ESP и педагогической лингвистике предложена ограниченная и прозрачная роль ИИ: точечные пояснения при чтении профильных текстов, уточнение терминологии, поддержка коротких устных высказываний и проверка небольших письменных заданий. Такой подход помогает быстрее освоить терминологию и уменьшает ошибки без замены самостоятельной работы студентов. Обсуждаются риски чрезмерной зависимости от ИИ и даются практические рекомендации по его внедрению.

Ключевые слова: технический английский, ESP, искусственный интеллект, помощник в обучении, терминология, поддержанное чтение, микрорецензирование, большие группы

Занятия по техническому английскому в инженерных программах чаще всего проходят раз в неделю, а группы бывают большими и разноуровневыми. В такой ситуации успех курса во многом зависит от качества самостоятельной работы студентов и их способности поддерживать навыки между редкими аудиторными встречами. Литература по ESP подчеркивает важность целенаправленной работы с текстами, терминами и четкими определениями, так как это повышает понятность и естественность профессионального дискурса [1, 2]. Педагогические источники по оцениванию рекомендуют краткую схему: черновик — комментарии — правка, а также учитывать процесс, а не только результат работы [3].

Появление генеративных инструментов ИИ поднимает вопрос: где заканчивается помощь, а где начинается подмена учебной работы? Международные рекомендации предлагают строить практику на принципах прозрачности и ответственности [4]. Важно подчеркнуть, что целью внедрения ИИ не является ускорение выполнения заданий, а поддержка самостоятельного изучения и закрепления терминологии.

Использование ИИ для чтения профильных текстов лучше ограничить точечными пояснениями: 5–7 ключевых терминов с примером из инженерного контекста и небольшими вопросами для самопроверки. Такой подход делает начало работы с текстом проще, экономит время на поиск информации и, согласно исследованиям по словарному обучению, повышает вероятность переноса терминов в активный лексикон за счет связывания определения с употреблением [2]. Вместо работы с устойчивыми сочетаниями рационально

сосредоточиться на терминологической точности и ясных определениях. Наибольший эффект достигается при малых порциях терминов с обязательными примерами и короткой самопроверкой: что это, для чего, чем отличается [2, 5–8]. Это уменьшает количество неточных употреблений в устных мини-сообщениях и коротких письменных абзацах [1, 3].

Короткие монологические высказывания (60–120 секунд) удобны для больших разноуровневых групп: они масштабируемы, требуют минимальной подготовки и легко оцениваются по 3–4 простым критериям. В качестве опоры можно использовать короткие карточки (при необходимости сгенерированные ИИ): термин, ситуация и вопрос для размышления. Такой шаблон помогает слабым студентам и не ограничивает сильных, повышая связность и терминологическую точность без роста ошибок, если карточки не превращаются в готовый текст [1].

Проверка коротких письменных заданий (80–120 слов) также хорошо сочетается с помощью ИИ как редактора на уровне предложений: программа указывает на неясные места, длинные конструкции и неподходящие сочетания слов, предлагая по 2–3 варианта исправления с пояснением, почему так понятнее. Студент быстро дорабатывает текст, а преподаватель видит, что именно улучшено. Это формирует привычку регулярно пересматривать написанное и аккуратно использовать термины [3].

Вопрос авторства решается организационными средствами: корректность подтверждается выборочной устной проверкой («объясните термин своими словами», «приведите пример корректного употребления термина в новом контексте»). Такой подход возвращает фокус к самостоятельным действиям студентов [4, 9].

Российские исследования показывают, что отношение студентов к ИИ ситуативно прагматично: инструмент воспринимается как способ экономии времени, при этом важно наличие четких правил и справедливых требований [10]. Для преподавателей в неязыковых вузах полезны русскоязычные материалы по ESP, которые помогают структурировать курс, чтобы поддержка ИИ не противоречила академическим требованиям [5–8].

Эти приемы можно применять и в больших разноуровневых группах. В каждой теме студенты по очереди выполняют три вида работы: чтение небольших фрагментов, лексико-терминологические задания и двухминутные мини-доклады. Дома этот цикл поддерживается точечной помощью ИИ.

Разница в уровне компенсируется «ступенями» сложности: вариант А — минимум, В — базовый, С — усложненные тексты с большим количеством терминов при тех же жанровых требованиях. Оценивание остается привязанным к аудиторным формам (пересказ, контрольная, диктанты и упражнения), а ИИ используется только для самостоятельной подготовки, без генерации готовых ответов; корректность подтверждается устной проверкой на занятии [3, 4].

В целом ИИ полезен как помощник по техническому английскому, когда его использование встроено в короткие циклы «чтение — термини-

ны/определения — короткое говорение — правка». Такая связка компенсирует нехватку очного времени и обратной связи, не лишая студентов самостоятельности и авторства.

Список источников

- [1] Hyland K. *Genre and second language writing*. University of Michigan Press, 2004.
- [2] Nation I.S.P. *Learning vocabulary in another language*. Cambridge, Cambridge University Press, 2013.
- [3] Boud D., Falchikov N. *Rethinking assessment in higher education*. London, Routledge, 2007.
- [4] *Руководство по использованию генеративного ИИ в образовании и исследованиях*. URL: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000389639> (дата обращения 11.11.2025).
- [5] Афанасьева М.В. ESP — английский для специальных целей: история и современность. *Гуманитарные науки. Вестник Финансового университета*, 2012, № 3, с. 101–105.
- [6] Гущина Ю.А., Коренев А.А. Английский язык для специальных целей его преподавания как предмет исследования и обучения. *Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Педагогика*, 2022, № 4, с. 57–66.
- [7] Дубровская Т.В., Жолнерик А.И., Дронова О.В., ред. *Языки для специальных целей: проблемы, методы, перспективы*. Пенза, Изд-во ПГУ, 2015, 222 с.
- [8] Проскура Я.В., Захарова-Саровская М.В. Теоретические основы и особенности преподавания английского языка для специальных целей. *Проблемы современного педагогического образования*, 2021, № 71-2, с. 302–306.
- [9] Кувшинова Е.Е. Применение искусственного интеллекта в обучении иностранному языку. *Гуманитарий Юга России*, 2024, т. 13, № 2, с. 75–84. <https://doi.org/10.18522/2227-8656.2024.2.7>
- [10] Алешковский И.А. Российские студенты о возможностях и ограничениях использования искусственного интеллекта в обучении. *Социология*, 2024, т. 24, № 2, с. 335–353.

AI as a learning assistant in Technical English: a literature-informed perspective for large mixed-ability groups

Khorpyakova Yuliya Vladimirovna khorpyakova@bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

This paper argues for a constrained, transparent use of AI tools as a learning assistant — rather than an answer generator — in Technical English under once-a-week classes and large, mixed-ability groups. Building on ESP and pedagogical linguistics, we synthesize evidence for four assistant roles: just-in-time explanations during domain reading, targeted terminology clarification, support for short monologic speaking, and micro-feedback on small writing tasks at sentence/paragraph level. Such use accelerates terminology acquisition, improves coherence of short oral output, and reduces typical terminological errors without replacing students' work. Risks of over-reliance and authorship blurring are mitigated by a simple transparency policy (no final-answer generation, brief disclosure log, selective oral verification) and scalable practices for big groups.

Keywords: Technical English, ESP, artificial intelligence, learning assistant, terminology, supported reading, micro-feedback, large groups

УДК 372.881.1

Влияние использования генеративных языковых моделей на мотивацию студентов при изучении иностранного языка

Белова Елена Витальевна

belova_elena@bmstu.ru

Тунанова Надежда Александровна

tunanovan@bmstu.ru

Белов Александр Владиславович

belovav1@bmstu.student.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Статья посвящена исследованию влияния генеративных моделей на мотивацию студентов при изучении иностранного языка. Рассмотрено как использование таких технологий может повысить интерес к обучению, улучшить навыки общения и способствовать более глубокому пониманию языка. Подчеркнута роль мотивированного преподавателя в повышении интереса к изучению иностранного языка. Проанализированы ключевые аспекты, влияющие на мотивацию студентов, и представлены практические рекомендации для преподавателей.

Ключевые слова: иностранный язык, генеративные языковые модели, мотивация, чат-бот

Изучение иностранного языка является важной частью образовательного процесса, однако многие студенты сталкиваются с проблемами мотивации. Генеративные модели, такие как GPT-4, DeepSeek, GigaChat и пр., способны создавать текст, отвечать на вопросы и создавать контент, что открывает новые горизонты для обучения. Цель данной статьи — проанализировать как интеграция генеративных моделей в учебный процесс может повлиять на мотивацию студентов.

Мотивация играет ключевую роль в процессе обучения. Согласно теории самоопределения [1] существует два типа мотивации: внутренние и внешние. Внутренняя мотивация связана с интересом и удовольствием от процесса обучения, тогда как внешняя — с наградами и признанием. Генеративные модели могут способствовать развитию внутренней мотивации, предлагая интерактивные и адаптивные способы обучения [2].

Генеративные модели, основанные на машинном обучении, способны анализировать и генерировать текстовые данные, что делает их полезными инструментами в образовательной среде. Они могут создавать индивидуализированные задания, предлагать обратную связь и моделировать диалоги, что делает процесс обучения более увлекательным.

Изучение иностранного языка часто воспринимается как сложный и трудоемкий процесс. Мотивация играет ключевую роль в успешности этого процесса. Интеграция технологий в учебный процесс может значительно повысить интерес студентов.

Е.А. Жеребина, Н.Ю. Зайцева [3] предлагают использовать возможности генеративных моделей для когнитивных и метакогнитивных стратегий обучения иностранному языку. Метакогнитивная стратегия включает планиро-

вание, контроль и оценку своих действий. Следуя этой стратегии, студенты (особенно старших курсов) могут самостоятельно использовать нейросети для составления плана обучения в соответствии с целью обучения, чек-листа для самопроверки и т. п. Когнитивная стратегия реализуется в осознанном анализе информации, что помогает эффективно усваивать и применять знания. Здесь нейросети могут помочь с проверкой перевода терминов, правильности выполнения грамматических упражнений или написания эссе. В данном случае у обучающихся есть две возможности построения работы: самостоятельное выполнение работы с последующей проверкой чат-бота или наоборот, выполнение задания чат-ботом с дальнейшим анализом и корректировкой результата.

Н.Н. Мелех, Н.В. Эбель [4], оценивая преимущества и риски использования инструментов ИИ для обучения иностранному языку, признают, что прозрачное применение ИИ на занятиях по иностранному языку повысит интерес обучающихся и будет способствовать развитию их коммуникативных навыков.

Одну из ключевых ролей в успешном обучении играет мотивация самого преподавателя. Незаинтересованный «выгоревший» преподаватель, предлагающий однотипные скучные упражнения, не может способствовать повышению интереса обучающихся, в то время как преподаватели, обладающие высокой мотивацией и энтузиазмом, способны создать положительную атмосферу обучения, что способствует повышению интереса студентов к языку. Поэтому негласным девизом факультета «Лингвистика» МГТУ им. Н.Э. Баумана является слоган: *Inspired teachers inspire students*.

Мотивированные преподаватели создают позитивную учебную атмосферу, где студенты чувствуют себя комфортно и уверенно. Это может включать использование интерактивных методов обучения, таких как групповые проекты, игры и ролевые ситуации, которые делают процесс обучения более увлекательным и менее формальным. Источником вдохновения и эффективным инструментом для создания интересных упражнений, как отмечено выше, могут стать генеративные модели. К примеру, преподаватель делает запрос: «приведи примеры упражнений по английскому языку для студентов технического вуза для развития навыка говорения». Вот некоторые примеры заданий, предложенных чат-ботом.

Ролевые игры: создайте сценарии, где студенты должны разыграть ситуации, связанные с их будущей профессией (например, встреча с клиентом или работа в команде над проектом). Это поможет развить навыки общения и уверенность в языке.

Разбор кейсов: анализ реальных кейсов из бизнеса или инженерии на английском языке. Студенты могут работать в группах, предлагая решения проблем и представляя свои идеи.

Интервью с профессионалами: организуйте виртуальные встречи с профессионалами из отрасли (например, инженерами или IT-специалистами), которые говорят на английском. Студенты могут подготовить вопросы и провести интервью, что поможет им практиковать разговорный английский.

Дискуссии по актуальным темам: организуйте дебаты на темы, связанные с технологиями (например, плюсы и минусы искусственного интеллекта). Студенты могут работать в группах, готовя аргументы и контраргументы, что способствует развитию навыков критического мышления и общения.

Выбрав наиболее подходящий тип задания для группы студентов, преподаватель может попросить генеративную модель создать план занятия по нужной теме. Вот, что выдал чат-бот на запрос придумать кейс для обсуждения на занятии.

Case Study: Development of a New Energy Management App

Situation: EcoTech, a company focused on sustainability, has decided to develop a new mobile application that helps users monitor and manage their energy consumption at home. The goal of the app is to help users reduce their electricity bills and decrease their carbon footprint.

Tasks:

1. Market Research: Students should conduct an analysis of existing apps in the market, studying their features and user reviews. Prepare a brief report on which features are most in demand.

2. Identifying Target Audience: Students need to determine who the primary target audience for the app will be (e.g., homeowners, renters, environmentalists). Create a persona (buyer persona) to represent the target audience.

3. Developing Features: Students should brainstorm and propose features that could be included in the app (e.g., real-time energy consumption tracking, energy-saving tips, notifications for high consumption). Write a description of each feature in English.

4. Creating a Prototype: Students can create a simple prototype of the app interface using design tools (e.g., Figma or Sketch). Prepare a presentation of the prototype in English, explaining the design choices and functionality.

5. Presentation and Feedback: Each group presents their project to the rest of the students. Other students can ask questions and provide feedback in English, which fosters communication skills.

6. Reflection: At the end of the session, students write a brief essay about what they learned from this case, any challenges they faced, and how they overcame them. This helps develop writing skills and self-reflection.

Для более подготовленной, а также для смешанной группы данное творческое задание может быть альтернативой скучному пересказу текста по теме модуля и значительно повысить интерес к занятию и изучению языка в целом.

Генеративные модели оказывают значительное влияние на мотивацию студентов при изучении иностранного языка благодаря следующим аспектам: повышение вовлеченности, развитие креативности и самостоятельности, формирование коммуникативных компетенций. Таким образом, внедрение генеративных моделей в образовательный процесс оказывает положительное воздействие на мотивацию студентов, способствуя развитию важных языковых навыков и формированию устойчивого интереса к изучению иностранного языка. В то же время, генеративные модели повышают внутреннюю моти-

вацию преподавателя, помогая ему создавать интересные задания для обучающихся. Мотивированный преподаватель играет решающую роль в повышении интереса студентов к изучению иностранного языка.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- [1] Ryan R.M., Deci E.L. Intrinsic and extrinsic motivations: classic definitions and new directions. *Contemporary educational psychology*, 2000, vol. 25(1), pp. 54–67. <https://doi.org/10.1006/ceps.1999.1020>
- [2] Мещерякова О.В. Возможности использования искусственного интеллекта для повышения мотивации студентов к изучению иностранных языков в вузе. *Общество: социология, психология, педагогика*, 2023, № 6, с. 152–160.
- [3] Жеребина Е.А., Зайцева Н.Ю. Генеративные языковые модели как образовательная технология в обучении профессионально-ориентированной иноязычной коммуникации в вузе. *Вестн. Моск. ун-та. Сер. 19. Лингвистика и межкультурная коммуникация*, 2025, т. 28, № 3, с. 185–201.
- [4] Мелех Н.Н., Эбель Н.В. Теоретические аспекты эффективности применения технологий генеративного искусственного интеллекта в обучении студентов неязыковых специальностей. *Концепт*, 2025, № 2. <https://doi.org/10.24412/2304-120X-2025-11019>

Impact of generative language models on students' motivation in foreign language learning

Belov Alexander Vladislavovich

belovav1@bmstu.student.ru

Belova Elena Vitalievna

belova_elena@bmstu.ru

Tunanova Nadezhda Aleksandrovna

tunanovan@bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

This article is devoted to the study of the impact of generative models on students' motivation in foreign language learning. It examines how the use of such technologies can increase interest in education, improve communication skills, and contribute to a deeper understanding of the language. The role of a motivated teacher in increasing interest in studying a foreign language is emphasized. Key aspects affecting student motivation are analyzed, and practical recommendations for teachers are presented.

Keywords: foreign language, generative language models, motivation, chatbot

УДК 81'42:32

Анализ речевой стратегии дискредитации посредством тактики прямого оскорбления в выступлениях Дэвида Кэмерона

Полякова Кира Александровна

kir.polyackowa@yandex.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Проанализированы особенности реализации речевой стратегии дискредитации с помощью использования тактики прямого оскорбления в выступлениях Д. Кэмерона. Стратегия дискредитации — это целенаправленная модель речевого поведения, направленная на создание негативного образа оппонента, умаление его авторитета и достоверности. Сделаны выводы, что данная стратегия, реализованная с помощью указанной выше тактики, снижает положительный образ адресата, его авторитет. Это достигается путем отрицательной оценки его действий, поступков, качеств.

Ключевые слова: стратегия, аргументация, дискредитация, тактика, политик, лексические единицы, высказывание

Тактика прямого оскорбления в стратегии дискредитации политиков — это один из методов, используемых для подрыва репутации и авторитета оппонента. Эта тактика эффективна в краткосрочной перспективе, поскольку она может повлиять на общественное мнение и снизить поддержку оппонента. Эта тактика может проявляться в различных формах, включая личностные атаки, распространение слухов и непроверенной информации, провокацию на эмоции. В данной работе проведен анализ речи Д. Кэмерона с целью выявления использования им данной тактики для дискредитации противников.

Далее приведены примеры реализации данной тактики с переводом и разъяснениями.

If the authorities listened to the voice of the muttering idiots, everything would be much worse.

«Если бы власть прислушивалась к голосу «бормочущих идиотов» все было бы гораздо хуже».

Ситуация в данном случае предстает перед нами с использованием тактики прямого оскорбления своих оппонентов посредством фразы *muttering idiots*.

Политик осуществляет тактику оскорбления при помощи маскировки или неоправданного возложения на себя полномочий институционального носителя приоритетного социального статуса [1].

Labour met a bunch of migrants in Calais and said they could all come to the UK.

«Лейбористы встретились с кучкой мигрантов в Кале и сказали, что они все могут приехать в Великобританию».

Стратегия реализуется с помощью использования фразы *a bunch of migrants*, которая несет негативную коннотацию в данном случае.

Политик называет беженцев «кучкой мигрантов», тем самым умаляя их достоинство.

Что касается оппонента, то он ставит репутацию лейбористов под сомнение, отметив тот факт, что они готовы пропустить всех подряд в границы своего государства [2].

(1) My speaking style was criticized by none other than Arnold Schwarzenegger. (2) This is a difficult moment, friends — my rhetoric is criticized by a monosyllabic Austrian cyborg.

(1) Мой стиль речи раскритиковал не кто иной, как Арнольд Шварценеггер. (2) Это тяжелый момент, друзья — мою риторику критикует односложный австрийский киборг.

Посредством фразы monosyllabic Austrian cyborg политик ставит под сомнение интеллектуальное развитие оппонента.

Политик выставляет оппонента не в лучшем свете перед общественностью, так как жители могут рассматривать это как то, что он является только «качком», который не умеет ничего, кроме как заниматься спортом [3].

Obama is a partial Kenyan who has inherited a dislike of Britain.

Обама — это частичный кениец, который унаследовал нелюбовь к Британии.

Данная ситуация отражает реализацию тактики прямого оскорбления и тактику обвинения.

Тактика оскорбления в данном высказывании проявляется с помощью фразы a partial Kenyan, так как в данном случае затронута расовая принадлежность Б. Обамы [4].

Что касается тактики обвинения, то она проявляется посредством фразы inherited a dislike of Britain.

Данное высказывание Д. Кэмерона влечет за собой негативное отношение британцев не только к Б. Обаме, но и к США в целом.

You're by far the worst economic development Minister in this country.

Вы, безусловно, худший министр экономического развития в этой стране.

В данной ситуации мы видим использование тактики прямого оскорбления.

Отрицательная оценка данного высказывания реализуется за счет использования превосходной степени прилагательного the worst economic development Minister, что по сути является интенсификацией оценки суждения [5].

Политик нивелирует достижения своего оппонента, указывая на его полную несостоятельность в сравнении со всеми его предшественниками.

I believe that you are a layman for allowing such behavior.

Я считаю, что вы непрофессионал, раз допустили подобное поведение.

Тактика предполагает негативную характеристику личности, либо отрицательную оценку через намек.

В данном высказывании мы обнаруживаем умаление профессиональных качеств оппонента.

Кроме того, для данной речевой тактики характерна экспрессивная и отрицательная лексика, а именно, в данном случае она реализуется с помощью существительного *a lauman*.

В заключение стоит отметить, что стратегия дискредитации служит для того, чтобы снизить положительный образ адресата, его авторитет, подорвать доверие к нему. Это достигается путем отрицательной оценки его действий, поступков, качеств. Данная стратегия помогает политику стать ближе к народу и сагитировать народ поддерживать его кандидатуру.

Список источников

- [1] Матвеева Г.Г., Ленец А.В., Петрова Е.И. *Основы прагмалингвистики: монография*. Москва, ФЛИНТА, 2013, 232 с.
- [2] Болотнов А.В. Самопрезентация языковой личности в публичном дискурсе: когнитивно-стилистический аспект. *Вестник Томского государственного педагогического университета*, 2012, № 10(125), с. 169–173.
- [3] Паршина О.Н. *Стратегии и тактики речевого поведения современной политической элиты России*. Дис. ... д-ра филол. наук. Москва, 2005, 548 с.
- [4] Казанцева Е.А. Особенности стратегий и тактик речевого воздействия в современном образовательном дискурсе. *Филологические науки. Вопросы теории и практики*, 2018, № 2-2 (80), с. 317–319.
- [5] Аникина О.В. Дискурс как объект обучения в курсе иностранного языка. *Вестник ТГПУ*, 2011, вып. 2(104), с. 54–59.

Analysis of a discrediting speech strategy through the tactic of direct insult in David Cameron's speeches

Polyakova Kira Alexandrovna

kir.polyackowa@yandex.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

The article analyzes the features of the implementation of the discrediting speech strategy through the use of direct insult tactics in D. Cameron's speeches. The discrediting strategy is a purposeful model of speech behavior aimed at creating a negative image of the opponent, diminishing their authority and credibility.

Keywords: strategy, argumentation, discrediting, tactics, politician, lexical units, statement

УДК 378

Основные характеристики текстов для обучения аудированию на начальном этапе технического вуза

Максимова Галина Александровна

max.galal@bmstu.ru

Журавлева Ирина Васильевна

zhuravlevairina@bmstu.ru

Биленко Алла Федоровна

allaf.bilenko@bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Рассмотрены основные параметры иноязычных аудиотекстов, наиболее оптимальных для формирования аудитивной компетенции студентов-первокурсников технического вуза в рамках концепции легкого/простого языка. Описаны правила легкого/простого языка, проведен анализ аудиотекстов немецкоязычного Интернет-ресурса с точки зрения их соответствия данным правилам. Сделаны выводы о соответствии текстов правилам простого/легкого языка и возможностей применения аудиотекстов для организации аудиторной и самостоятельной работы студентов.

Ключевые слова: обучение аудированию, начальный этап технического вуза, легкий/простой язык, аутентичные дидактизированные аудиотексты, интернет-ресурсы

Формирование иноязычных аудитивных навыков и умений — весьма трудоемкий процесс практически во всех форматах и условиях обучения иностранному языку, требующий значительных усилий как от преподавателя, так и от тех, кого он обучает.

На начальном этапе технического вуза (1-й курс) трудности восприятия на слух иноязычного текста обусловлены целым рядом факторов, включающих как характеристики основных условий аудирования (темп речевых сообщений, количество предъявлений и объем речевых сообщений, наличие опор и ориентиров восприятия, языковые особенности текста и его информационная насыщенность) [1], так и особенности психолого-педагогического характера, имеющие место в период дидактической адаптации студентов-первокурсников к условиям обучения в высшей школе. К последним следует отнести, в первую очередь, уровень сформированности аудитивных иноязычных навыков и умений обучающихся, а также мотивационные аспекты адаптационного процесса.

Это диктует необходимость тщательного отбора содержания обучения данному виду речевой деятельности, в первую очередь, аудиотекстов как основной структурной единицы этого содержания, что в значительной степени будет способствовать преодолению трудностей периода адаптации и обеспечению прочной базы для дальнейшего совершенствования соответствующих коммуникативных навыков и умений студентов. Целью статьи является выявление и описание основных характеристик аудиотекстов, наиболее оптимальных для использования на начальном этапе обучения. В ходе работы бы-

ли изучены публикации из открытых источников по соответствующей проблематике, проведен анализ аудиотекстов, представленных на немецкоязычных интернет-ресурсах, выявлены характеристики аудиотекстов, наиболее релевантные для формирования аудитивных умений и навыков у студентов первого года обучения.

Наибольший интерес в аспекте рассматриваемой проблематики представляют так называемые дидактизированные аутентичные тексты или учебно-аутентичные тексты. Преимущества их использования в искусственной языковой среде обусловлены, с одной стороны, тем, что они максимально облегчены для восприятия. С другой стороны, они содержат основные компоненты аутентичности — культурологическую, информационную, ситуативную, реактивную аутентичность, аутентичность национальной ментальности, аутентичность оформления [2]. Необходимо подчеркнуть, что такие тексты создаются носителями языка либо посредством аппроксимации текста-оригинала, либо специально конструируются для учебных целей, являясь аппроксимированными изначально. Они, как правило, предназначены прежде всего для носителей языка, испытывающих те или иные трудности в обучении, но могут применяться и для обучения иностранцев, в том числе в условиях искусственной языковой среды [3].

В основе создания таких текстов лежит концепция «легкого/простого языка» (Simple Language/Easy Language — Leichte/Einfache Sprache). Если сама идея и основные принципы в рамках данной концепции разрабатываются уже достаточно длительное время, то четкие общие правила построения текстов, регулируемые в рамках Евросоюза стандартом DIN 8581-1 Simple Language, начали действовать только с апреля 2024 года [4, 5]. Эти правила охватывают уровень слова, уровень предложения, информационные характеристики текста, а также различные аспекты его графического и звукового оформления.

Так, на уровне слова данные правила предусматривают, что: 1) использование иностранных слов должно быть сведено к минимуму; 2) необходимо отдавать предпочтение коротким словам, объяснять сложные слова, что особенно актуально для немецкого языка; в аудиотексте такие слова должны звучать предельно четко и разделяться на смысловые части микропаузами; 3) следует избегать использования пословиц, иронии, метафор; 4) по возможности не употреблять отрицаний; 5) в рамках одного текста необходимо исключить синонимы для обозначения одного и того же понятия, а также термины, в особенности технические; если термины все же используются, то их необходимо обязательно пояснять.

На уровне предложения правила предписывают следующее: 1) предложение не должно содержать более 15–20 слов, включая артикли, союзы и т. д.; 2) недопустимы вставки и сложноподчиненные предложения; 3) следует использовать глаголы только в действительном, а не в страдательном залоге, а также избегать использования сослагательного наклонения; 4) родительный падеж (Genitiv) следует заменять на словосочетание с предлогом von; 5) каж-

дое предложение должно нести четкую информационную нагрузку и содержать только одно утверждение.

Кроме перечисленных правил, аудиотексты должны произноситься диктором в несколько замедленном темпе, не влияющим, однако, на смысловое восприятие сообщения, а слова звучать предельно четко и соответствовать нормам стандартизированного литературного языка, что исключает использование разговорной лексики, арготизмов и т. д.

Описанным выше требованиям в рамках немецкоязычного образовательного пространства в значительной степени соответствуют аудио- и видеоматериалы, представленные на многочисленных интернет-ресурсах, а также в разнообразных проектах радио и телевидения Германии. Как показывает многолетняя практика преподавания, с учетом условий обучения иностранному (немецкому) языку в техническом вузе на начальном этапе обучения наиболее эффективным оказывается использование аудиотекстов сайта nachrichtenleicht.de [6]. Анализ лексико-грамматического аспекта на основе опыта их использования в течение ряда лет позволил выделить следующие основные признаки, соответствующие правилам легкого/простого языка:

- облегченная грамматика с доминированием коротких простых предложений и сложных бессоюзных предложений, минимум придаточных предложений в основном с союзами *dass* и *ob*, преобладание *Präsens* и *Perfekt Aktiv* в качестве основных временных форм глагола, крайне редкое использование страдательного залога и сослагательного наклонения;

- использование общеупотребительной лексики, соответствующей нормам современного немецкого литературного языка;

- повторяемость наиболее частотных лексических единиц как в пределах одного текста, так и в других текстах.

Кроме этого, следует отметить также актуальность информации и большой массив аудиотекстов данного сайта, которые обновляются каждую неделю. Тематика текстов охватывает самые разнообразные направления: повседневная жизнь, страноведение, образование, культура, спорт, новости науки и техники. Это позволяет не только органично связать данные тексты с темами, предусматриваемыми учебной программой, но и обеспечивает возможность организации самостоятельной работы студентов с учетом индивидуальных особенностей усвоения учебного материала. В силу понятных причин из рассмотрения исключаются тексты политического характера.

Применение дидактизированных аутентичных текстов для формирования иноязычных аудитивных умений и навыков на начальном этапе обучения также способствует решению целого ряда проблем адаптационного периода студентов-первокурсников. Так, данные аудиоматериалы могут использоваться как в аудиторной, так и в самостоятельной работе студентов. Большой массив аудиотекстов предоставляет широкие возможности для их выбора, учитывающего как потенциальные трудности при восприятии на слух иноязычной речи, так и успехи студентов при освоении ими данного вида речевой деятельности. При этом сама возможность выбора обучаемыми текстов

в соответствие с достигнутым ими уровнем сформированности навыков и умений аудирования положительным образом сказывается на мотивации учебной деятельности.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- [1] Гальскова Н.Д., Гез Н.И. *Теория обучения иностранным языкам. Лингводидактика и методика*. Москва, Издательский центр «Академия», 2006, 336 с.
- [2] Мильруд Р.П., Носонович Е.В. Параметры аутентичного учебного текста. *Иностранные языки в школе*, 1999, № 1, с. 11–18.
- [3] Максимова Г.А., Тунанова Н.А. Обучение аудированию на основе аппроксимации иноязычных текстов (начальный этап технического вуза). *Современная наука: Актуальные проблемы теории и практики. Серия: Гуманитарные науки*, 2018, № 6-1, с. 60–64.
- [4] *Netzwerk Leichte Sprache*. URL: <https://www.netzwerk-leichtesprache.de/fileadmin/content/documents/regeln/RegelwerkNLSNeuaufgabe-2022.pdf> (accessed 02.10.2025).
- [5] *Einfache Sprache*. URL: <https://einfachesprachebonn.de/grundregelneinfachesprache.html> (accessed 02.10.2025).
- [6] *Nachrichtenleicht*. URL: <http://www.nachrichtenleicht.de/> (accessed 02.10.2025).

Main characteristics of texts for listening training at the initial stage of a technical university

Maksimova Galina Alexandrovna	max.gaLal@bmstu.ru
Zhuravleva Irina Vasilievna	zhuravlevairina@bmstu.ru
Bilenko Alla Fedorovna	allaf.bilenko@bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

The main parameters of foreign-language audio texts that are most optimal for developing the auditory competence of first-year students at a technical university within the framework of the easy/simple language concept are examined. The rules of easy/simple language are described, and an analysis of audio texts from a German-language online resource is conducted in terms of their compliance with these rules. Conclusions are drawn regarding the possibilities for using audio texts to organize both classroom and independent student work.

Keywords: *teaching listening, initial stage of a technical university, easy/simple language, authentic didactic audio texts, online resources*

УДК 372.881.161.1

Обучение русскому языку как иностранному на подготовительном отделении в КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана

Железнякова Светлана Николаевна

szheleznyakova@bmstu.ru

Колотова Наталья Владимировна

kolotova.nv@bmstu.ru

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Рассмотрен процесс обучения иностранных студентов на подготовительном отделении в КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, раскрываются особенности подготовки иностранных граждан к обучению в российском вузе. Описаны цели, средства, содержание, необходимые для достижения результатов обучения. Определен уровень освоения РКИ достаточный для понимания лекций и общения. Представлен ряд принципов, которыми руководствуется преподаватель РКИ для организации данного вида работы. Язык специальности и научный стиль речи обозначены как обязательные компоненты в программе подготовки иностранных студентов. Раскрыта необходимость проведения работы по социокультурной адаптации и мотивации к обучению.

Ключевые слова: *подготовительное отделение, иностранные студенты, русский язык как иностранный, подготовка к обучению*

Иностранцы, которые хотят обучаться в российском вузе, на начальном этапе изучают русский язык на подготовительном отделении. Как правило, это люди, уже имеющие среднее, среднее профессиональное или высшее образование, полученное в родной стране. В КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана для таких учащихся разработана специальная программа по освоению дополнительных общеобразовательных программ, обеспечивающих подготовку иностранных граждан и лиц без гражданства к освоению профессиональных образовательных программ на русском языке, в ходе которой иностранные граждане осваивают навыки говорения на русском языке, а также получают необходимые предметные знания для дальнейшего обучения в университете. Русский язык для них является средством получения знаний по общеобразовательным и техническим дисциплинам [1, 2].

Обычно иностранцы, приехавшие в университет для получения российского образования, не говорят по-русски или имеют минимальные знания по русскому языку, поэтому задача преподавателя русского языка как иностранного на подготовительном отделении — дать все необходимые знания иностранному слушателю, чтобы он смог успешно сдать вступительные экзамены и поступить на первый курс по выбранной специальности.

В нашем университете продолжительность обучения на подготовительном факультете в очном формате составляет один учебный год: с октября по июнь. Уровень знаний русского языка в конце обучения должен соответствовать уровню A2/B1 в зависимости от требований [3]. По завершении курса

иностранные абитуриенты сдают экзамены по русскому языку, а также математике, физике или информатике.

В первом семестре иностранные учащиеся начинают знакомиться с фонетикой русского языка, его грамматической структурой, орфографией, лексикой, учатся строить фразы, затем предложения, то есть обучение ведется в разных аспектах: грамматика, чтение, говорение, письмо. На начальном этапе дается общеупотребительная лексика, простые по структуре фразы и предложения, студенты учатся слушать и понимать русскую речь, отвечать на поставленные вопросы, уметь общаться с русскоговорящими людьми в разных бытовых ситуациях.

Во втором семестре иностранные слушатели продолжают получать знания по русскому языку, но к нему еще добавляются и технические предметы: математика, информатика, физика и инженерная графика. Здесь важно отметить, что преподаватель русского языка как иностранного должен работать в кооперации с преподавателями-предметниками. Это нужно для того, чтобы соблюсти единые принципы обучения [1]. Преподаватель РКИ может помочь слушателям в понимании структуры научных текстов, объяснить грамматические сложности и отличительные особенности научного стиля речи. В свою очередь преподаватель по специальным предметам может помогать с текстовым материалом, предлагать список основных терминов, слов и словосочетаний. Слушатели изучают терминологию по техническим предметам, учатся понимать формулировки теорем, условий задач, описаний лабораторных работ. Все вместе это позволяет учащимся легче адаптироваться к дальнейшему обучению в КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Но процесс обучения включает в себя не только языковую подготовку студентов. Преподаватель русского языка как иностранного совместно с сотрудниками отдела международной деятельности должны помочь студенту, приехавшему в Россию из другой страны, адаптироваться в новых реальных условиях, которые зачастую кардинально отличаются от той среды, в которой он жил в родной стране. Можно сказать, что процесс обучения продолжается и во внеурочное время.

Социокультурная адаптация заключается в помощи в ориентировании в незнакомом для иностранцев городе, знакомстве с русской едой, особенностями культуры и традиций [3]. Для этого в университете проводятся различные внеурочные мероприятия с привлечением иностранных студентов, которые уже давно учатся в вузе на разных курсах. Студентам должны быть объяснены правила поведения в общежитии и в общественных местах, законы Российской Федерации.

Кроме того, иностранный слушатель не должен потерять мотивацию к обучению. Для этого преподаватель РКИ может использовать различные методы, чтобы студент не потерял интереса к учебе. Процесс обучения не должен ограничиваться изучением учебника. В настоящее время на уроках широко используются активные и интерактивные методы обучения, командные задания, игры [4]. Большое количество часов также уделяется самостоя-

тельной работе, которая является важным видом учебной работы. Такая работа направлена на формирование компетенций, необходимых для успешной учебы по программам бакалавриата и магистратуры.

В заключении хотелось бы сказать, что успех обучения иностранных слушателей на подготовительном отделении зависит от различных факторов, но большую роль здесь играет личность и профессиональные умения преподавателя русского языка, сотрудником отдела международной деятельности в кооперации со студентом.

Список источников

- [1] Березняк Ю.Л., Олешко Т.В., Щербакова Т.К., Лузина В.М., Городнов К.В., Макуха С.И., Игнатенко В.З. Особенности обучения иностранных учащихся на предвузовском этапе: педагогические аспекты адаптации. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*, 2015, № 5, с. 666–670.
- [2] Капитонова Т.И., Московкин Л.В. *Методика обучения русскому языку как иностранному на этапе предвузовской подготовки*. Москва, Изд-во Златоуст 2006, 361 с.
- [3] Колтакова Е.В. *Особенности подготовки иностранных студентов к обучению в Российских вузах*. URL: conf.esp-centr.sfedu.ru/materials/congress_22/99 (дата обращения 20.10.2025).
- [4] Комарова Н.И. Самостоятельная работа как фактор успешного изучения русского языка как иностранного. *Лингвокультурология*, 2018, № 12, с. 133–140.

Teaching Russian as a foreign language in the preparatory department at the bauman Moscow state technical university

Zheleznyakova Svetlana Nikolaevna

szheleznyakova@bmstu.ru

Kolotova Natalia Vladimirovna

kolotova.nv@bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University (KB), Kaluga, Russia

This article examines the process of teaching international students in the preparatory department at the Bauman Moscow State Technical University, revealing the specifics of preparing foreign citizens for study at a Russian university, and describes the goals, means, and content necessary to achieve learning outcomes as described. A level of Russian as a foreign language proficiency sufficient for understanding lectures and communicating is determined. A number of principles are presented that guide the RFL instructor in organizing this type of work. The language of the specialty and scientific style of speech are identified as mandatory components in the preparation program for international students. The need for sociocultural adaptation and motivation for learning is discussed.

Keywords: preparatory department, international students, Russian as a foreign language, preparation for study

Содержание

<i>Секция 12. Проектирование программно-информационных систем</i>	<i>3</i>
<i>Иванов Н.В., Ильичев В.Ю., Вершинин Е.В. Анализ Seq2seq моделей и метода выделения ключевых слов для генерации вопросов по входному тексту</i>	<i>5</i>
<i>Самсонова М.А., Белов Ю.С. Распознавание связной речи на жестовом языке в реальном времени: современные методы и проблемы</i>	<i>11</i>
<i>Мосолов А.В., Гагарин Ю.Е. Сравнительный анализ методов устранения шумов в данных измерений уровня топлива на основе медианного фильтра и фильтра Савицкого — Голея</i>	<i>14</i>
<i>Тарасов К.О., Вершинин Е.В. Сравнительный анализ навигационных систем мультикоптеров: выбор перспективного направления развития</i>	<i>18</i>
<i>Карельский М.К., Белов Ю.С. Критерии оценивания качества игрового приложения</i>	<i>22</i>
<i>Сафин А.М., Лукоянов И.С., Гагарин Ю.Е. Исследование возможностей технологии визуального Simultaneous Localization And Mapping для автономной навигации беспилотных летательных аппаратов</i>	<i>25</i>
<i>Фаткулин В.А., Гагарин Ю.Е. Применение архитектуры Robotic Operating System для построения модульных систем управления автономными роботами</i>	<i>29</i>
<i>Дроздов Д.С., Гагарин Ю.Е. Методы контекстного анализа больших кодовых баз с использованием LLM</i>	<i>33</i>
<i>Гаранин Н.А., Гагарин Ю.Е. Обнаружение надводных объектов на основе сжатия характеристик и алгоритма обучения 3D ConvexHull</i>	<i>37</i>
<i>Костромина П.А., Белов Ю.С. Использование нейросетевых методов для анализа эмоциональной окраски речи</i>	<i>41</i>
<i>Шведов И.А., Белов Ю.С. Нейросетевые методы обнаружения подозрительного и агрессивного поведения в системах видеонаблюдения</i>	<i>45</i>
<i>Усенко Е.Р., Багров И.О., Гагарин Ю.Е. Архитектура и реализация бэкэнд-системы для 3D-визуализации на основе ORB-SLAM и ROS</i>	<i>48</i>
<i>Александров А.В., Гагарин Ю.Е. Генерация дубликата голоса без Интернета с использованием нейросети</i>	<i>51</i>
<i>Фетисов М.Е., Гагарин Ю.Е. Распознавание эмоций в тексте: современные подходы и тенденции развития</i>	<i>55</i>
<i>Вершинин Е.В., Силищтин Д.П. Разработка программного обеспечения для оптимизации и контроля производства. Серверный модуль</i>	<i>58</i>
<i>Евсеев В.Д., Белов Ю.С. Система детекции и автоматической классификации на основе YOLOv8 и TensorFlow для применения в видеонаблюдении и промышленной автоматизации</i>	<i>64</i>
<i>Вершинин Е.В., Башкалова Д.С. Использование программного обеспечения для подготовки конструкторской документации по ГОСТ</i>	<i>68</i>
<i>Вершинин Е.В., Цахилаев А.О. Сравнительный анализ технологий для разработки программного обеспечения для оптимизации и контроля производства. Клиентский модуль</i>	<i>75</i>

Колышкин А.С., Кузин Н.С., Гагарин Ю.Е. Технология анализа состояния сельскохозяйственных полей при помощи спутниковой съемки поверхности Земли	80
Чжао Чэньсяо, Белов Ю.С. Современное состояние обнаружения объектов на оптических спутниковых изображениях	85
Котенко Н.А., Гагарин Ю.Е. Сравнительный анализ методов Medial Axis и Straight Skeleton	89
Герасимова С.В., Белов Ю.С. Методы предварительной обработки многозональных изображений для задач классификации покрова местности	92
Сафронов Н.С., Белов Ю.С. Метрики оценки в задачах генерации SQL на основе естественного языка	95
Трибунян Б., Белов Ю.С. Функциональное моделирование процесса создания интеллектуальной системы на базе нейронной сети	98
Козлова Е.Д., Грачев В.М., Гагарин Ю.Е. Прогнозирование остаточного ресурса авиадвигателей на основе гибридного инжиниринга признаков	101
Вершинин Е.В., Русин Я.Ю. Оценка эффективности и выбор оптимального HTR-решения для автоматического распознавания рукописных данных специализированных документов	104
Карпов В.А., Гагарин Ю.Е. Применение искусственного интеллекта в современных системах Enterprise Resource planning и Customer Relationship Management	108
Красавин Е.В., Полудников С.В. О некоторых аспектах развития безопасности информационных сетей	112
Демин Д.П., Ерохин И.И. Генеративные модели и большие языковые нейронные сети: сравнительный анализ и примеры применения	116
Левин А.О., Гагарин Ю.Е. Механизмы влияния пользователя на контекст изображения при генерации с помощью диффузионных моделей	119
Лю Цзялинь, Белов Ю.С. Разработка системы классификации новостных статей и генерации заголовков с использованием методов обработки естественного языка	123
Живайкин А.С., Белов Ю.С. Нейронная коллаборативная фильтрация в современных рекомендательных системах	126
Новиков И.Д., Гагарин Ю.Е. Гибридная модель оценки риска: сочетание машинного обучения и строгих эвристик	129
Малинина И.А., Гагарин Ю.Е. Машинное обучение в построении персонализированных туристических маршрутов	133
Питикин М.И., Пчелинцева Н.И. EduNet: создание образовательной модели фреймворка в сегменте PyTorch и TensorFlow	137
Иванов А.С., Гагарин Ю.Е. Сравнение алгоритмов построения иерархического дерева на основе ациклического орграфа	142
Акимов С.В., Гагарин Ю.Е. Запуск моделей машинного обучения на ARM-микроконтроллерах в рамках парадигмы TinyML	146
Воронов Д.С., Белов Ю.С. Восстановление формы и отражения объектов с использованием нейросетевых моделей при неизвестном освещении	152
Красавин Е.В., Полудников С.В. Особенности голографических коммуникаций	156

<i>Чурилин О.И., Гагарин Ю.Е.</i> Применение методов машинного обучения для повышения точности фотограмметрической 3D-реконструкции объектов	159
<i>Войнов А.А., Белов Ю.С.</i> Создание IDEF0 диаграмм с помощью Turpst	162
Секция 13. Мехатроника и робототехника	167
<i>Низовцева Е.Д., Васильчук Н.Ю.</i> Гибридный подход к анализу корректности расположения объекта, сочетающий методы машинного обучения и классические алгоритмы компьютерного зрения	169
<i>Барков Д.А., Шамаров Е.М., Васильчук Н.Ю.</i> Бикоптеры и трикоптеры с изменяемым вектором тяги	172
<i>Соколова М.В., Васильчук Н.Ю.</i> Анализ применения датчиков глубины в задачах прецизионной сборки и контроля качества	175
<i>Юдин В.В., Васильчук Н.Ю.</i> Разработка алгоритмов классификации материалов на основе спектральных подписей	178
<i>Уланов А.С., Акименко Д.А.</i> Преимущества и ограничения четырехосевых манипуляторов	182
<i>Кузнецов Д.К., Широкова З.Г.</i> Сравнительный анализ дифференциального и велосипедного приводов для интеллектуальных самодвижущихся мехатронных систем	185
<i>Реднев А.А., Широкова З.Г.</i> Исследование вибрационных характеристик поворотного стола при высокоскоростной работе	188
<i>Коростелев И.В., Бартюк К.С., Орехов С.Ю.</i> Современная классификация роботов параллельной структуры	191
<i>Петров А.В., Орехов С.Ю.</i> Применение машинного зрения для точного позиционирования робота-манипулятора	194
<i>Чичерин М.В., Васильчук Н.Ю.</i> Исследование эффективности централизованных и децентрализованных методов управления группами мобильных роботов	197
<i>Лисицын М.В., Кондрашов И.В., Пащенко В.Н.</i> Особенности кинематики шагающих роботов	200
<i>Ибламинов М.Н., Орехов С.Ю., Моников А.С.</i> Волновые редукторы с промежуточными телами качения: проблемы, перспективы и применение в робототехнике	203
<i>Хайкин П.Ю., Орехов С.Ю.</i> Навигация мобильного робота на основе технологии стереозрения	206
<i>Подкорытов К.С., Орехов С.Ю.</i> Исследование метода распознавания текста изображения на основе машинного обучения	209
<i>Сухов О.В., Орехов С.Ю.</i> Алгоритм ситуационного управления для шестиколесного робота с активной трансформацией рамы	212
Секция 14. Инновационная деятельность и научно-методические вопросы внедрения результатов НИР в учебный процесс	215
<i>Антонцева М.В., Аганичева Д.Д., Сулина О.В.</i> Применение опорных элементов при проектировании электронных моделей деталей	217
<i>Сахаров В.В., Савичкин А.О.</i> Методика построения вида слева в черчении	222

<i>Сломинская Е.Н., Соселия Д.М., Каменный И.С., Беликов Н.Р.</i> Использование искусственного интеллекта в образовании и других сферах жизни	228
<i>Парамонов С.С.</i> Управление параметрическими моделями САПР КОМПАС-3D с использованием Microsoft Excel	233
<i>Сломинская Е.Н., Соселия Д.М., Каменный И.С., Беликов Н.Р.</i> Российские нейросети в инженерном образовании	237
<i>Шляпникова Д.Ш., Шестернина Е.А.</i> Применение системы САПР КОМПАС-3D для определения формы и размеров плоской заготовки при гибке	241
<i>Вяткин А.А., Лучкова М.М.</i> Ключевые проблемы и пути их решения в преподавании начертательной геометрии	247
<i>Зуев А.М., Зенкин В.Н.</i> Гипербола — разновидность лекальных кривых	250
Секция 15. Социально-экономические аспекты экономики	255
<i>Парамонов Л.А.</i> Применение методов Data Science в современном маркетинге и аппликация этих методов для анализа поведения абитуриентов	257
<i>Забродская А.П., Перерва О.Л.</i> Роль инновационных технологий в обеспечении конкурентных преимуществ предприятий машиностроительной отрасли	260
<i>Перерва О.Л., Шутка С.С.</i> Роль цифровых двойников и искусственного интеллекта в ускорении инновационного цикла от проектирования до испытаний	264
<i>Перерва О.Л., Луначев С.К.</i> Искусственный интеллект как ключевой актив: экономическая ценность и векторы инвестирования	268
<i>Перерва О.Л., Бушуев Д.А.</i> Влияние инновационной деятельности на качество жизни населения: социально-экономический подход	272
<i>Перерва О.Л., Васильева К.А.</i> Пути совершенствования системы оплаты труда на наукоемких предприятиях Российской Федерации	276
<i>Зверев Г.М., Перерва О.Л.</i> Развитие бережливого производства в России	281
<i>Галкин Д.А., Перерва О.Л.</i> Управление нововведениями на предприятии	284
<i>Перерва О.Л., Путилин Н.Е.</i> Влияние цифровой трансформации на организационную структуру предприятия	287
<i>Перерва О.Л., Туманов Т.Н.</i> Наукоемкие предприятия — ключевой фактор развития инновационной экономики Калужского региона	291
<i>Перерва О.Л., Дворянинова М.И.</i> Бережливое производство как средство повышения эффективности работы предприятий	295
<i>Челенко А.В., Новикова П.А.</i> Теоретические аспекты интеграций цифровых технологий и инструментов бережливого производства в систему организации рабочих мест машиностроительного предприятия	299
<i>Перерва О.Л., Кущенко Н.В.</i> Разработка цифровых двойников в рамках производственных инноваций	303
<i>Иконникова И.В., Бардина А.И.</i> Роль стартапов в экономическом успехе и инновационном развитии	306
<i>Перерва О.Л., Ермакова Е.А.</i> Современные методы и инструменты повышения производительности труда	311
<i>Квашина В.В., Бардина А.И.</i> Аналитика данных в стартапах: как использовать информацию для принятия решений	314

<i>Перерва О.Л., Голубкова Д.А.</i> Современные подходы к управлению наукоемким производством на основе ERP-систем	318
<i>Перерва О.Л., Новокионов Д.И.</i> Применение искусственного интеллекта в сфере бизнеса	322
<i>Перерва О.Л., Теплый Ю.А.</i> Технологии дополненной реальности: практика использования в промышленности	327
<i>Перерва О.Л., Васешенков Д.В.</i> Система MODAPTS как способ совершенствования системы нормирования труда	331
<i>Перерва О.Л., Зубарева С.Ю.</i> Этапы развития менеджмента качества: эволюция подходов и методик	336
<i>Перерва О.Л., Птухин В.В.</i> Применение машинного обучения для решения экономических и управленческих задач: анализ направлений и вызовов внедрения	339
Секция 16. Общественно-политические и философские вопросы развития общества	345
<i>Морозов Е.А., Шафигуллина Т.В.</i> Эволюция радикальных идей в российском обществе во второй половине XIX в.	347
<i>Морозов Е.А., Шафигуллина Т.В.</i> Заметки на полях истории малых городов России	351
<i>Чернышева Т.Е., Парфенов Д.А.</i> Богатство и бедность в современной России	356
<i>Чернышева Т.Е., Климова Е.К.</i> К вопросу о бесплатности и общедоступности профессионального образования в современной России	361
Секция 17. Актуальные вопросы энергосбережения, энергоэффективности, использования нетрадиционных и возобновляемых источников энергии	367
<i>Герасимова Н.С., Илюхина И.В., Илюхин Д.В.</i> Анализ воздействия электромагнитных полей ультравысокой частоты на биологические ткани	369
<i>Герасимова Н.С., Илюхина И.В., Илюхин Д.В.</i> Комплексный анализ данных рефрактометрии для диагностики и коррекции астигматизма	373
<i>Ильичев В.Ю., Федоров В.А.</i> Программная оптимизация объектов энергетики с использованием современных технологий	377
<i>Ильичев В.Ю., Федоров В.А.</i> Использование возможностей программы SimInTech для симуляции работы элементов энергетических установок	381
<i>Ильичев В.Ю., Федоров В.А.</i> Анализ применения программ трехмерного параметрического моделирования компонентов энергоустановок	386
<i>Шендо А.С.</i> Исследование и разработка автономной системы взвешивания ульев на основе гибридного энергоснабжения	390
<i>Тимофеев М.В., Кусачева С.А.</i> Разработка модели перехода региона РФ на альтернативные источники энергоснабжения	394
<i>Михалева С.Р., Кусачева С.А.</i> Агровольтаика: совмещение сельского хозяйства и солнечной энергетики	398
<i>Шендо С.А., Клышников А.Ю., Кусачева С.А.</i> Визуализация модифицированного микробного топливного элемента	402

<i>Шендо С.А., Клышников А.Ю., Кусачева С.А.</i> Разработка гибридной энергетической системы на основе микробного топливного элемента и солнечных батарей	406
<i>Бархатов С.Д., Кусачева С.А.</i> Разработка демонстрационно-испытательного стенда для изучения процессов в водородной ионной энергетической ячейке .	409
Секция 18. Лингвистика, лингводидактика, актуальные вопросы теории и практики перевода	415
<i>Геворгян Э.А., Крыленкина А.В.</i> Юридическая терминология, используемая в документах, касающихся расследований международных киберпреступлений: анализ способов перевода на английский язык	417
<i>Климченко Е.В., Максимова Г.А.</i> Аннотирование и реферирование текстов на иностранном языке в обучении письменной научной речи студентов технического вуза	423
<i>Гаврикова Л.Г.</i> Об актуальности формального и функционального подходов к языковым явлениям в работе с учебным текстом	427
<i>Артеменко О.А., Биленко А.Ф., Калугина Л.В.</i> Особенности формирования иноязычной профессионально-ориентированной грамматической компетенции с использованием мобильного приложения DeepSeek	431
<i>Горянский И.А., Журавлева И.В.</i> Как искусственный интеллект может стать катализатором саморазвития в эпоху цифровой лени	436
<i>Хорпякова Ю.В.</i> Искусственный интеллект как помощник в изучении технического английского: обзор литературы и практические ориентиры для больших смешанных групп	440
<i>Белова Е.В., Туанова Н.А., Белов А.В.</i> Влияние использования генеративных языковых моделей на мотивацию студентов при изучении иностранного языка	443
<i>Полякова К.А.</i> Анализ речевой стратегии дискредитации посредством тактики прямого оскорбления в выступлениях Дэвида Кэмерона	447
<i>Максимова Г.А., Журавлева И.В., Биленко А.Ф.</i> Основные характеристики текстов для обучения аудированию на начальном этапе технического вуза	450
<i>Железнякова С.Н., Колотова Н.В.</i> Обучение русскому языку как иностранному на подготовительном отделении в КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана	454

Научное издание

Наукоемкие технологии
в приборо- и машиностроении
и развитие инновационной
деятельности в вузе

Всероссийская научно-техническая конференция

(Калуга, 11–13 ноября 2025 года)

Материалы конференции

Том 2

Художник *Э.Ш. Мурадова*
Компьютерная верстка *С.А. Серебряковой*

Оригинал-макет подготовлен
в Издательстве МГТУ им. Н.Э. Баумана.

В оформлении использованы шрифты
Студии Артемия Лебедева.

Подписано в печать 25.09.2026. Формат 70×100/16.
Усл. печ. л. 37,7. Тираж 70 экз.

Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана.
105005, г. Москва, улица 2-я Бауманская, д. 5, стр. 1.
press@bmstu.ru
<https://press.bmstu.ru>

Отпечатано в типографии МГТУ им. Н.Э. Баумана.
105005, г. Москва, улица 2-я Бауманская, д. 5, стр. 1.